



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE POUR L'ÉLABORATION DES PLANS DE PRÉVENTION DES RISQUES D'INONDATION PAR DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU (HORS COURS D'EAU TORRENTIELS)



Édition 2024

Guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation par débordement de cours d'eau (hors cours d'eau torrentiels)

Ce document a été réalisé sous la maîtrise d'ouvrage
de la direction générale de la prévention des risques (DGPR)
du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (MTECT)

Pilotage

Jacques Bouffier et Bénédicte Tardivo - DGPR / SRNH / SdCAP / BRIL.

Coordination de la rédaction

Cerema / DTecREM.

Affaire suivie par : Céline Perherin – Département Risques et Eaux, Littoral.

Rapport établi par : Céline Perherin, Sabine Cavellec, Denis Crozier, Paul Guéro,
Dominique Simonot.

Avec la participation de : Alexis Bernard, Florent Bourhis, Kévin Corsiez,
Matthieu Deseure, Yohann Evain, Rémy Gasset, Bruno Kerloc'h, Jean-Michel Sigaud,
Anne-Laure Tiberi, Chloé Tran Duc Minh.

Ce guide a bénéficié de la participation de nombreux contributeurs et relecteurs complémentaires que nous remercions :

Stephane Bonelli (INRAE), Guillaume Bechameil (DDT 47), Géraldine Bernhard (DDT 74),
Géraldine Berrehouc (DDTM 29), Lionel Berthet (DGPR),
Hortense Blanchet (DGPR), Aurélien Bouet (DGPR), Olivier Caumont (Météo-France),
Roland César (DDT 57), Pierre-François Deloulme (DDT 63),
Nathalie Desruelles (DREAL Normandie), Yannick Douce (DDT 42),
Stéphanie Galli (DDT 07), Clément Gastaud (DDTM 13), Angélique Godart (DDT 38),
Tatiana Gontier (DDT 43), Youven Goulamoussène (DGPR), Bruno Janet (DGPR),
François Laban (DDT 07), Yoann La-Corte (DGPR), Michel Lang (INRAE),
Elise Laperrousaz (DGPR), Laurent Laturelle (DDTM 62), Francis Lauzin (DDTM 56),
Mélanie Lebouvier (DDTM 76), Véronique Lehideux (DGPR), Antoine Lhermite (DGPR),
Eric Mallet (DDT 58), Delphine Mattez (DDTM 34), Patrick Martineau (DDTM 85),
Sybille Muller (DGPR), Nicolas Pouzoulet (DDTM 27), Aurélien Prud'homme (DDTM 62),
Philippe Smela (DDTM 27), Didier Vivet (DREAL Centre), Valérie Ziolkowski (DDTM 62).

Crédit photo (couverture) : Nemours inondée par les eaux du Loing (juin 2016) –
Arnaud Bouissou / Terra.

Préface

Le risque d'inondation est le premier risque naturel en France par le nombre de communes concernées, l'étendue des zones exposées et l'importance des populations potentiellement affectées. L'estimation établie par la direction générale de la prévention des risques (DGPR) dans le cadre de la directive Inondation indique qu'en 2023 environ un quart des personnes en France sont exposées à un risque d'inondation par débordement de cours d'eau. Les inondations peuvent menacer la sécurité des personnes. Sur les cinquante dernières années, elles sont en moyenne à l'origine d'une dizaine de décès par an (IGEDD, 2023), certains événements majeurs pouvant faire des dizaines, voire des centaines, de victimes. Le risque d'inondation est par ailleurs le risque naturel le plus coûteux en France, avec en moyenne chaque année environ 600 millions d'euros de dommages sur les biens assurés (CCR, 2023).

Différentes catastrophes (Nîmes (1988), Vaison-la-Romaine (1992), Gard (2002), Rhône (2003), Var (2010), etc.) ont progressivement renforcé la prise de conscience des dangers relatifs aux inondations et influencé la politique publique de prévention des risques. Celle-ci passe en premier lieu par l'aménagement du territoire et, là où c'est possible, des constructions adaptées. La maîtrise et l'adaptation de l'urbanisation en sont deux leviers fondamentaux, en évitant, d'une part, le développement de nouvelles constructions dans les zones exposées, et, d'autre part, en y réduisant la vulnérabilité des enjeux.

Les collectivités territoriales jouent un rôle de premier plan dans la prévention des inondations, à travers l'aménagement du territoire traduit dans leurs documents d'urbanisme, la réalisation d'actions de prévention dans le cadre de programmes d'action de prévention des inondations (PAPI) et leur exercice de la compétence relative à la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI).

Une bonne coordination entre l'État et les collectivités est essentielle pour une prévention efficace.

Les plans de prévention des risques naturels (PPRn) sont les outils de référence de l'État pour s'assurer de la bonne prise en compte des risques naturels dans l'aménagement et l'urbanisme. Élaborés en association étroite avec les acteurs locaux, ces plans sont de la responsabilité de l'État : ils sont réalisés sous l'autorité des préfets qui les prescrivent, les approuvent et en contrôlent la bonne application. Les PPRn s'inscrivent toutefois dans un panel de dispositifs complémentaires dont l'utilisation et l'articulation est à adapter au contexte. Le porter à connaissance de l'aléa par l'État par exemple, plus souple, est un bon outil de prévention dans les cas où un PPRn ne se justifie pas.

Pour accompagner l'élaboration des PPRn, plusieurs guides techniques à destination des services déconcentrés ont été élaborés avec le concours de représentants des administrations et d'experts du réseau scientifique et technique de l'État. Les retours d'expériences, l'amélioration de la connaissance et les évolutions réglementaires rendent régulièrement nécessaire la mise à jour de ces guides.

Le décret n° 2019-715 du 5 juillet 2019, dit « décret PPRi », a précisé et conforté certains principes. Il a apporté des évolutions dans l'élaboration des PPRi. Sa parution impose de fait une révision du précédent guide méthodologique relatif à l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation, datant de 1999 (MATE/METL, 1999).

Ce guide présente le cadre méthodologique national pour élaborer les PPRi ou les réviser (notamment s'ils en sont éloignés). Il remplace la note d'accompagnement aux services relative aux modalités d'application du décret PPRi parue en novembre 2019 (MTES, 2019), ainsi que les doctrines régionales pré-existantes. Il sert également de référence pour la réalisation de cartes d'aléa d'inondation ou pour l'aménagement et l'urbanisme hors du cadre d'un PPRi.

La DGPR met régulièrement à jour les référentiels de la prévention des risques. Des travaux sont en cours pour définir les modalités adaptées de prise en compte du changement climatique dans les PPRi de débordement de cours d'eau. Ce sujet fera ainsi l'objet de compléments à venir.

Sommaire

Préface	2
1. Introduction générale	9
1.1. Les inondations par débordement de cours d'eau	9
1.1.1. Les différents types de cours d'eau	9
1.1.2. Exemples d'évènements majeurs	10
1.2. La gestion des risques d'inondation : une démarche multiforme à différentes échelles	12
1.2.1. Au niveau européen	12
1.2.2. Au niveau national	13
1.2.3. Au niveau du bassin hydrographique et de la région	13
1.2.4. Au niveau inter-communal et communal	14
1.2.4.1. La gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI)	14
1.2.4.2. Les territoires à risque important d'inondation (TRI)	14
1.2.4.3. Les programmes d'action de prévention des inondations (PAPI)	15
1.2.4.4. Les documents d'urbanisme	16
1.2.4.5. Les plans de prévention des risques d'inondation (PPRi)	16
1.2.5. Au niveau du projet	16
1.3. Les objectifs du guide	17
1.4. Le périmètre du guide	17
2. Les spécificités du processus d'élaboration des PPRi par débordement de cours d'eau	19
2.1. Les plans de prévention des risques d'inondation (PPRi)	19
2.1.1. Le cadre général des PPRi	19
2.1.2. Les objectifs des PPRi	19
2.1.3. L'évolution et la répartition des PPRi	20
2.1.4. Le « décret PPRi » de 2019	22
2.2. La priorisation de l'élaboration et la révision des PPRn	22
2.3. La procédure d'élaboration	23
2.4. L'association des collectivités locales et des parties prenantes	24
2.5. La concertation du public	24
2.6. Les études techniques	25
2.6.1. Le principe général	25
2.6.2. L'articulation entre les travaux techniques et les étapes administratives	26
2.6.2.1. Les études « préalables »	26
2.6.2.2. Le projet de plan « consolidé »	26
2.6.2.3. La finalisation du projet de plan	26
2.6.2.4. Synthèse	27
2.7. La prescription du PPRi	28
2.8. L'évaluation environnementale (examen au cas par cas)	28
2.9. La consultation des collectivités et des services	29
2.10. L'enquête publique	29

2.11. L’approbation du PPRi	29
2.12. L’application anticipée	30
2.13. La modification et la révision du PPRn	30
3. La caractérisation et la qualification de l’aléa de débordement de cours d’eau (hors cours d’eau torrentiel)	31
3.1. Les crues des cours d’eau (hors cours d’eau torrentiels)	31
3.1.1. Les cours d’eau	31
3.1.2. Les crues des cours d’eau	31
3.2. La cartographie de l’aléa de référence	33
3.2.1. Le principe général	33
3.2.2. L’analyse des phénomènes naturels et des éléments anthropiques (phase 1)	34
3.2.2.1. Le principe	34
3.2.2.2. La caractérisation du secteur d’étude	36
3.2.2.3. L’analyse historique	40
3.2.2.4. La synthèse du fonctionnement du bassin versant	41
3.2.3. La détermination des scénarios à étudier (phase 2)	42
3.2.3.1. La caractérisation du scénario de référence	42
3.2.3.2. La caractérisation des sous-scénarios	50
3.2.4. La modélisation et la cartographie de l’aléa de référence (phase 3)	57
3.2.4.1. Le choix de la méthode de cartographie de l’aléa	58
3.2.4.2. Les niveaux de l’aléa	68
3.2.4.3. Les bandes de précaution	74
3.2.4.4. La cartographie de l’aléa de référence	78
4. Les enjeux	83
4.1. Les objectifs de l’analyse des enjeux	83
4.2. L’analyse du fonctionnement du territoire et de ses vulnérabilités	83
4.2.1. Les objectifs de cette analyse	83
4.2.2. Les enjeux particuliers existants et la vulnérabilité du territoire	83
4.2.3. Les projets et les potentialités d’aménagement futur	84
4.2.4. Les autres éléments de contexte	84
4.3. Les niveaux d’urbanisation	84
4.3.1. La définition des différents niveaux d’urbanisation	85
4.3.1.1. Les zones urbanisées	85
4.3.1.2. Les centres urbains	85
4.3.1.3. Les zones non urbanisées	86
4.3.2. La délimitation des niveaux d’urbanisation	86
4.3.2.1. La délimitation des zones urbanisés	86
4.3.2.2. La délimitation des centres urbains	87
4.3.2.3. La délimitation des zones non urbanisées	87
4.4. La méthode de travail	90
4.5. Les cartes des enjeux	90

5. L'élaboration de la partie réglementaire	91
5.1. Le zonage réglementaire	91
5.1.1. Les principes généraux	91
5.1.2. Les exceptions à l'interdiction dans le cadre d'une demande de collectivité	93
5.1.2.1. L'objectif	93
5.1.2.2. Les configurations dans lesquelles un projet est éligible au régime d'exception	94
5.1.2.3. Les critères d'appréciation	95
5.1.2.4. La procédure administrative des demandes d'exceptions	97
5.1.3. Les principes de traduction réglementaire (tableau de synthèse)	98
5.1.4. La construction du zonage réglementaire	99
5.1.5. La représentation cartographique du zonage réglementaire	100
5.2. Le règlement	103
5.2.1. Les principes généraux	103
5.2.1.1. La structure du règlement	103
5.2.1.2. La forme	104
5.2.2. La réglementation des projets	104
5.2.2.1. Les constructions pouvant être interdites	104
5.2.2.2. Les projets pouvant être rendus possibles	106
5.2.2.3. Les projets particuliers	111
5.2.2.4. Les projets sur l'existant	113
5.2.2.5. Les prescriptions relatives aux projets rendus possibles	115
5.2.3. Les mesures de prévention, protection et de sauvegarde	117
5.2.4. Les mesures de réduction de la vulnérabilité des biens et activités existants	118
5.2.4.1. Les principes généraux	118
5.2.4.2. Les différents types de mesures	119
5.2.4.3. La hiérarchisation des mesures	121
6. Le dossier de PPRi	123
Introduction	123
6.1. Les pièces constitutives du dossier de PPRi	123
6.2. La note de présentation	123
6.2.1. La démarche globale de gestion des risques d'inondation	124
6.2.2. La justification de la mise en œuvre du PPRi sur le territoire	124
6.2.3. La présentation du territoire	124
6.2.4. L'aléa de référence	125
6.2.5. Les enjeux	125
6.2.6. L'évaluation environnementale	125
6.2.7. Le zonage et le règlement	126
6.2.8. La consultation et la concertation	126
6.2.9. Les annexes	126

7. Annexes	127
7.1. Les bassins hydrographiques français	128
7.2. Les niveaux d'aléa en fonction des hauteurs et vitesses d'écoulement	129
7.3. Bases de données utiles pour les enjeux	130
7.4. L'évaluation de la réduction de vulnérabilité	131
7.5. Les géostandards relatifs aux risques	139
7.6. Les notions fréquemment utilisées dans les règlements de PPRi	139
7.6.1. La hauteur par rapport au terrain naturel	139
7.6.2. Les niveaux de fondation	141
7.7. Glossaire	142
7.8. Liste des sigles et abréviations	151
7.9. Index des illustrations, figures et photographies	154
7.10. Index des tableaux	157
7.11. Bibliographie	158

I. INTRODUCTION GÉNÉRALE

1.1. Les inondations par débordement de cours d'eau

1.1.1. Les différents types de cours d'eau

Une inondation est une submersion temporaire, rapide ou lente, de zones habituellement hors d'eau. Elle peut être causée par différents phénomènes : débordements de cours d'eau de plaine, crues de cours d'eau torrentiels, ruissellement, submersions marines, remontées de nappes, etc.

Le réseau hydrographique est formé d'un continuum de cours d'eau, ayant chacun leurs spécificités.

Sur les parties en amont de certains bassins versants, les cours d'eau torrentiels sont caractérisés par une forte pente (généralement supérieure à 1 %) et un charriage important de matériaux solides. Il s'agit principalement des torrents et des rivières torrentielles. Le transport solide aggrave de façon significative les dommages associés aux événements, du fait notamment d'engravements, d'érosions et/ou d'impacts par des flottants.

Sur les parties en aval, les cours d'eau sont principalement constitués des rivières de plaine et des fleuves. Dans ces domaines, l'aléa est considéré principalement via le prisme du phénomène d'inondation, ayant pour effet l'envahissement et la submersion par les eaux. Des aggravations associées au transport solide peuvent toutefois survenir localement, par exemple dans les zones d'accélération des écoulements, mais ne constituent pas le mécanisme prépondérant rencontré lors des inondations de ce type.



Illustration 1 : les différents types de cours d'eau © Agence française pour la biodiversité / Réalisation Matthieu Nivresse (d'après OIEau), 2018.

Le **risque d'inondation** peut être défini¹ comme « la combinaison de la probabilité de survenue d'une inondation et de ses conséquences négatives potentielles pour la santé humaine, l'environnement, les biens, dont le patrimoine culturel, et l'activité économique ».

Le présent guide traite de la prise en compte des risques d'inondation liés aux débordements de cours d'eau, à l'exclusion de ceux liés aux débordements de cours d'eau torrentiels². Il s'intègre dans un ensemble cohérent de guides méthodologiques et de documentation technique spécifiques aux différents types d'inondation : débordements des cours d'eau torrentiels (MTECT, 2023), submersion marine, notamment pour les milieux estuariens (MTECT, 2014, mise à jour à venir), inondation par ruissellement (MEDD, 2004), etc.

1.1.2. Exemples d'évènements majeurs

Une partie significative du territoire français, en métropole comme en Outre-mer, est exposée à un risque d'inondation par débordement de cours d'eau. Compte tenu de l'urbanisation historique des vallées et des confluences, ces phénomènes peuvent avoir des conséquences très graves.

Plusieurs exemples de catastrophes survenues durant les dernières décennies, rappelés ci-dessous, illustrent le danger potentiel des débordements de cours d'eau.

Juillet 1977 : les crues d'affluents de la Garonne, notamment de la Save et du Gers dans les départements des Hautes-Pyrénées, du Gers et du Lot-et-Garonne, ont causé la mort de 16 personnes et des dégâts estimés à 600 millions d'euros. 51 communes du Gers ont été reconnues comme sinistrées. Les flots ont endommagé 2 200 maisons et causé la destruction de 18 ponts.

Septembre 1992 : les crues de l'Ouvèze, particulièrement importantes dans le département du Vaucluse, ont causé la mort de 47 personnes, dont 34 à Vaison-la-Romaine. Les dégâts matériels ont été estimés à près de 500 millions d'euros sur l'ensemble de l'évènement.



Illustration 2 : crue de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine en 1992 - Photo SDIS 84, source Cyprès.

La catastrophe a été la plus grave à l'aval du pont romain : des lotissements, des campings, des commerces et des ateliers installés dans le lit majeur de l'Ouvèze n'ont pas résisté à cette crue morphogène.

1. L'article L. 566-1 du code de l'environnement précise par exemple la définition retenue dans le cadre de la directive Inondation.

2. Dans la suite du document, en l'absence de précision, la référence à la notion de « débordement de cours d'eau » est à comprendre systématiquement comme « débordement de cours d'eau à l'exclusion des cours d'eau torrentiels ».

Janvier 1995 : les crues sur les côtes normandes et dans le bassin de la Meuse, tout particulièrement dans les Ardennes, ont causé la mort de 7 personnes. Les dommages liés à ces événements sont évalués à plus de 300 millions d'euros. Cet événement a eu pour conséquences 79 cas de pollutions par hydrocarbures le long des cours d'eau concernés, presque un millier de personnes privées d'électricité, 3 000 foyers privés de téléphone dans les Ardennes et 58 000 habitants privés d'eau potable.

Novembre 1999 : les crues de l'Aude et de l'Agly dans les départements de l'Aude, l'Hérault, les Pyrénées-Orientales et le Tarn, ont causé la mort de 35 personnes. Elles ont également provoqué des dégâts de l'ordre de 500 millions d'euros. Lors de cet événement, plusieurs ouvrages ont cédé, dont des digues, un canal de navigation et un remblai SNCF. Une station d'épuration a été détruite, entraînant l'insalubrité des eaux sur de larges secteurs. 330 communes ont été classées en état de catastrophe naturelle.

Septembre 2002 : les crues du Rhône et de ses affluents (notamment le Gardon), provoquées par un épisode cévenol concentré en Ardèche, dans le Gard et l'Hérault, ont causé le décès de 24 personnes. Les dégâts ont été estimés à environ 350 millions d'euros. 419 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle. L'évènement a entraîné une rupture de digue.



Illustration 3 : caserne des pompiers de Sommières le 9 septembre 2002 - Source : EPTB Vidourle.

Décembre 2003 : les crues du Rhône, notamment dans les départements de la Drôme, de l'Ardèche, du Gard, du Vaucluse et des Bouches du Rhône ont causé le décès de 7 personnes et ont coûté plus de 1,5 milliard d'euros. Plus de 2 000 foyers, ainsi qu'une grande quantité d'entreprises et d'équipements ont été sinistrés.

Mai-juin 2016 : les crues des affluents de la Seine (notamment le Loing et l'Ouanne) et de la Loire dans les régions Centre-Val de Loire et Île-de-France ont causé le décès de 5 personnes et ont causé des dégâts estimés à plus d'1,4 milliard d'euros. 892 communes du bassin ont été reconnues en état de catastrophe naturelle, et près de 20 000 personnes privées d'électricité.



Illustration 4 : crue de la Seine à Paris, juin 2016 – Source : EPISEINE.

1.2. La gestion des risques d'inondation : une démarche multi-forme à différentes échelles

La résilience des territoires vis-à-vis des inondations s'appréhende à différentes échelles qu'il convient d'articuler de manière cohérente selon plusieurs types d'approches complémentaires précisées ci-après.

1.2.1. Au niveau européen

La directive européenne 2007/60/CE³ relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite « directive Inondation » (DI) définit le cadre général dans lequel les États-membres de l'Union européenne organisent leurs politiques de gestion du risque d'inondation dans le but d'en réduire les conséquences négatives sur la santé humaine, l'environnement, les biens, dont le patrimoine culturel, et l'activité économique.

Elle a été transposée en droit français dans la loi portant engagement national pour l'environnement du 13 juillet 2010 et dans le décret n°2011-227 du 2 mars 2011, relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation.

La mise en œuvre de la DI repose sur des cycles de six ans (2011-2016 ; 2017-2022 ; 2023-2028 ; ...). En France, la mise en œuvre de la DI comprend :

- un volet d'**évaluation des risques**, conduisant notamment à :
 - la réalisation des enveloppes approchées des inondations potentielles (EAIP) dans le cadre de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) ;
 - l'identification des territoires à risque important d'inondation (TRI), sur lesquels des cartographies spécifiques sont réalisées ;
- un volet de **définition des politiques de gestion des risques** :
 - au niveau national : la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI) ;
 - au niveau des districts hydrographiques : les plans de gestion des risques d'inondation (PGRI) ;
 - au niveau des TRI : les stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI).

3. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007L0060>.

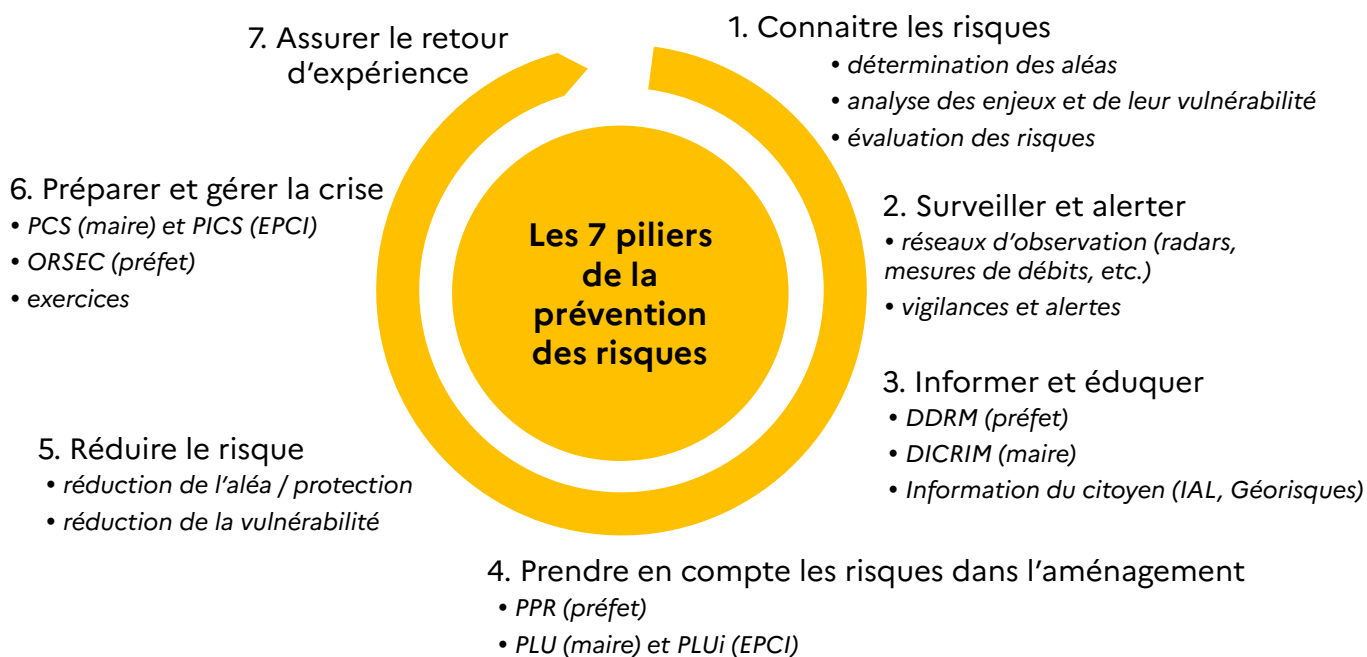
1.2.2. Au niveau national

La **stratégie nationale de gestion des risques d'inondations** (SNGRI, 2014)⁴, élaborée dans le cadre de la mise en œuvre de la DI, définit les **objectifs prioritaires** qui guident les politiques et les outils de la prévention des risques d'inondation, à savoir :

- **augmenter la sécurité des populations exposées ;**
- **stabiliser à court terme, et réduire à moyen terme, le coût des dommages liés à l'inondation⁵ ;**
- **raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés.**

Les réponses à ces objectifs s'inscrivent dans la durée et reposent sur **sept piliers** complémentaires qui permettent la mise en œuvre d'une politique globale à l'échelle locale par les services de l'État et les collectivités.

Ces piliers sont rappelés dans l'illustration 5.



DDRM : dossier départemental des risques majeurs

DICRIM : dossier d'information communale sur les risques majeurs

IAL : information des acquéreurs et des locataires

ORSEC : organisation de la réponse de sécurité civile

P(i)CS : plan (inter)communal de sauvegarde

PLU(i) : plan local d'urbanisme (intercommunal)

PPR : plan de prévention des risques

Illustration 5 : les sept piliers de la prévention des risques (schéma d'après les éléments de la page 5 de la SNGRI).

1.2.3. Au niveau du bassin hydrographique et de la région

Les documents élaborés au niveau de grands bassins versants définissent les actions structurantes à mettre en œuvre pour améliorer la prévention des risques d'inondation et la gestion de l'eau. Ils fixent des règles qui encadrent les documents de niveau plus fin⁶.

4. Une liste des sigles et abréviations utilisées dans le guide est fournie en fin de document.

5. afin notamment d'assurer la pérennité à long terme du système de solidarité nationale qui prend en charge, depuis 1982, de manière mutualisée et publique, l'indemnisation des catastrophes naturelles via la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (Cat-Nat).

6. Les PPRi doivent notamment être compatibles ou rendus compatibles avec les PGRI (article L. 562-1-VI du code de l'environnement). L'article 4 du décret du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les aléas débordement de cours d'eau et submersion marine, précise cependant que « quand une disposition du PGRI adopté antérieurement à l'entrée en vigueur de [ce] décret est incompatible avec les dispositions des articles R. 562-11-1 à R. 562-11-9 du code de l'environnement, elle n'est pas opposable aux PPRi concernant les aléas « débordement de cours d'eau et submersion marine ».

En particulier, les **plans de gestion des risques d'inondation** (PGRI) élaborés dans le cadre de la mise en œuvre de la DI, déclinent la SNGRI sur chacun des 12 grands bassins hydrographiques⁷ du territoire métropolitain. Ils définissent les priorités stratégiques pour le territoire sur l'ensemble des volets de la gestion des risques d'inondations, fixent les objectifs de la politique de gestion et identifient les dispositions permettant d'atteindre ces objectifs. Le PGRI peut notamment contenir des dispositions spécifiques sur l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation (PPRI).

Au niveau régional, les objectifs des **schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires** (SRADDET) doivent être compatibles avec ceux des PGRI.

1.2.4. Au niveau inter-communal et communal

1.2.4.1. La gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI)

La **gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations** (GEMAPI) est une compétence exclusive et obligatoire confiée aux établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre (métropoles, communautés urbaines, communautés d'agglomération, communautés de communes) depuis le 1^{er} janvier 2018⁸. Les missions relatives à cette compétence sont définies par l'article L. 211-7 du code de l'environnement. Il s'agit de :

1° L'aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique⁹ ;

2° L'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau, canal, lac ou plan d'eau, y compris les accès à ce cours d'eau, à ce canal, à ce lac ou à ce plan d'eau¹⁰ ;

5° La défense contre les inondations et contre la mer¹¹ ;

8° La protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines¹².

L'autorité compétente en matière de GEMAPI peut ainsi articuler des leviers de prévention des inondations (notamment à travers la gestion d'ouvrages de protection ou certaines modalités dans les documents d'urbanisme) avec des outils de gestion des milieux aquatiques (en facilitant par exemple l'écoulement des eaux et en préservant les zones d'expansion des crues).

L'autorité compétente en matière de GEMAPI est appelée à contribuer à l'élaboration du PPRI, notamment dans la mesure où elle peut fournir des éléments utiles relatifs aux ouvrages hydrauliques : inventaire et caractéristiques des aménagements, périmètre des zones protégées, études de danger, etc. De manière plus générale, l'autorité compétente en matière de GEMAPI apporte sa connaissance du territoire tout au long de l'élaboration du PPRI dans le cadre de l'association ([voir partie 2.4](#)).

1.2.4.2. Les territoires à risque important d'inondation (TRI)

Les résultats de l'EPRI de la DI, ont permis d'identifier les secteurs où se concentrent des enjeux (populations, emplois, bâtis, etc.) en zone inondable. **124 territoires à risque important d'inondation** (TRI) ont ainsi été définis comme prioritaires¹³ pour le déploiement des outils de la prévention des risques d'inondation (voir illustration 7). Chacun de ces territoires a vocation à être couvert par une (ou plusieurs) **stratégies locales de gestion des risques d'inondation** (SLGRI), qui précise les objectifs et principes que se fixent les parties prenantes en matière de gestion des inondations pour assurer le développement durable de leur territoire.

7. La directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau définit un bassin hydrographique comme « toute zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de rivières, fleuves et éventuellement de lacs vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta » ([voir annexe 7.1](#)).

8. Lois de décentralisation n° 2014-58 du 27 janvier 2014 et n° 2015-991 du 7 août 2015.

9. Par exemple : restauration de l'espace de mobilité d'un cours d'eau, restauration de zones d'expansion des crues, instauration de zones de rétention temporaire des eaux, etc.

10. Par exemple : entretien du lit, des berges, de la ripisylve, enlèvement d'embâcles, curages, etc.

11. Par exemple : entretien, gestion et surveillance des ouvrages de protection existants contre les crues et les submersions marines, études et travaux neufs sur l'implantation de nouveaux ouvrages, définition et régularisation administrative des systèmes d'endiguement, etc.

12. Par exemple : opérations de restauration de la continuité écologique, du transport sédimentaire, gestion et entretien de zone humide, etc.

13. nombre de TRI en 2023.

Les liens entre PPRi et TRI/SLGRI sont multiples :

- les éléments de connaissance apportés par le PPRi peuvent alimenter la SLGRI, par exemple pour mettre en évidence l'intérêt de réaliser un programme d'action de prévention des inondations (PAPI) sur le territoire. Inversement, les études d'amélioration de la connaissance menées dans le cadre de la SLGRI peuvent mettre en lumière l'importance d'élaborer un PPRi ;
- une cohérence est à rechercher entre les cartes réalisées par l'État dans le cadre d'un PPRi et celles élaborées pour un TRI, ce qui peut conduire à une mutualisation (par exemple, la carte de l'aléa de référence du PPRi peut être utilisée comme carte de l'évènement moyen du TRI, ou encore, l'évènement fréquent dans le cadre du TRI peut orienter certaines règles du PPRi, etc.).

1.2.4.3. Les programmes d'action de prévention des inondations (PAPI)

Dans le cadre de l'appel à projets au fil de l'eau des PAPI, mis en place depuis 2002, l'État soutient financièrement les collectivités territoriales et leur apporte un conseil technique dans la mise en œuvre opérationnelle de leur politique de prévention des inondations¹⁴.

Le PAPI permet aux collectivités territoriales ou à leurs groupements de structurer leurs démarches de prévention des inondations à travers la mise en œuvre d'une **stratégie globale et partagée**. À partir d'un diagnostic approfondi du risque, le PAPI porte un programme d'actions traitant de façon équilibrée et cohérente les différents axes de la politique de prévention des inondations¹⁵.

La mise en œuvre d'un PAPI passe par deux étapes majeures : le programme d'études préalables (PEP) au PAPI, dont la durée cible est de 24 mois pour la réalisation du diagnostic approfondi et la définition de la stratégie, puis le PAPI lui-même dont la mise en œuvre peut durer jusqu'à six ans.

Les PAPI dans le périmètre de TRI sont une déclinaison opérationnelle des SLGRI, et participent pleinement à la mise en œuvre de la SNGRI et de la DI¹⁶. En 2023, la quasi-totalité des 124 TRI que compte la France sont dotés à la fois d'une SLGRI et d'au moins un PAPI. En 2023, 243 PAPI¹⁷ ont été labellisés.

Les liens entre les PAPI et PPRi sont multiples :

- le co-financement par le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) (dit fonds « Barnier ») n'est possible que pour les actions du PAPI qui bénéficient à une commune couverte par un PPRn prescrit ou approuvé ;
- certaines connaissances (crues historiques, enjeux du territoire, etc.) et outils (modèles hydrauliques, etc.) peuvent utilement être partagés entre la direction départementale des territoires (et de la mer) (DDT(M)) qui élabore le PPRi et la collectivité qui porte le PAPI, afin de maximiser la cohérence entre les cartes réalisées¹⁸ ;
- le programme de réalisation des PPRn sur le territoire du PAPI est rappelé dans le dossier de PAPI (axe 4 du PAPI) ;
- la finalisation d'un PAPI peut être un élément de motivation pour la révision d'un PPRi, par exemple pour prendre en compte certains travaux de réduction de l'aléa réalisés dans le cadre du PAPI¹⁹ ;
- les actions de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens (mesures de sauvegarde, etc.) peuvent être complémentaires entre PAPI et PPRi. En particulier, le PAPI peut aider à la mise en œuvre de la réalisation de certaines dispositions d'un PPRi.

14. L'accès à un cofinancement par l'État des actions du PAPI est soumis au respect d'un cahier des charges disponible en ligne : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Cahier%20des%20charges%20PAPI%203%202021_0.pdf.

15. Les axes des PAPI sont, en dehors du volet relatif à l'animation : amélioration de la connaissance et de la conscience du risque (axe 1), surveillance, prévision des crues et des inondations (axe 2), alerte et gestion de crise (axe 3), prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme (axe 4), réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens (axe 5), gestion des écoulements (axe 6) et gestion des ouvrages de protection hydrauliques (axe 7). NB : la liste des types de travaux de réduction de la vulnérabilité aux inondations éligibles au FPRNM, dans le cadre d'un PAPI est définie dans l'arrêté du 23 septembre 2021.

16. Une SLGRI pouvant couvrir un ou plusieurs PAPI.

17. Couvrant différentes sources d'inondation : submersion marine, inondation de cours d'eau, inondation de cours d'eau torrentiels, inondation par ruissellement, inondation par remontée de nappe.

18. Certains travaux réalisés dans le cadre de PAPI peuvent avoir une incidence sur la carte d'aléa des PPRi. C'est le cas par exemple de la mise en place de champs d'inondation contrôlés, ou d'élargissements du lit mineur. La réalisation future de tels travaux du PAPI ne doit toutefois pas être anticipée dans les cartes d'aléa du PPRi, qui se basent sur la situation existante au moment de l'élaboration du plan.

19. Les travaux réalisés dans le cadre de PAPI ne sont pas tous de nature à faire évoluer les cartes d'aléa des PPRi. En particulier, le renforcement d'une digue ne permet pas d'écarter la prise en compte de sa défaillance dans la carte d'aléa, conformément au code de l'environnement et aux principes développés dans le présent guide.

1.2.4.4. Les documents d'urbanisme

Conformément à l'article L. 101-2 du code de l'urbanisme, **les documents d'urbanisme** (schémas de cohérence territoriale (SCOT), plans locaux d'urbanisme (intercommunaux) (PLU(i)) et cartes communales) intègrent un volet de prévention des risques. Celui-ci s'appuie sur les éléments portés à connaissance²⁰ par les services de l'État (article L. 132-2 du code de l'urbanisme), les informations du dossier départemental des risques majeurs (DDRM) et du document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM) (article R. 125-11 du code de l'environnement), ainsi que sur des connaissances propres des collectivités territoriales.

Le PLU(i) est le document de référence pour la planification au niveau (inter-)communal²¹. Il est établi et approuvé par la commune ou par l'EPCI compétent en la matière. Il poursuit plusieurs objectifs en matière d'aménagement du territoire, dont la prévention des risques d'inondation. Sur ce sujet :

- c'est un **document qui intègre** les connaissances des inondations à considérer en urbanisme. Il regroupe de nombreuses informations relatives aux aléas et à leur prise en compte réglementaire. Son élaboration peut d'ailleurs nécessiter la mise à jour de la connaissance des risques via l'élaboration de nouvelles cartes d'aléa, soit par les services de l'État²², soit directement par les collectivités (auquel cas, un lien étroit avec les services de l'État est très fortement recommandé) ;
- le PLU(i) a obligation d'être compatible avec les SCoT, qui doivent eux-mêmes être compatibles avec le PGRI et les cartographies des TRI ;
- le PLU(i) réglemente les travaux et constructions, et peut imposer des prescriptions visant à la réduction de la vulnérabilité du territoire aux inondations ;
- les servitudes d'utilité publiques (SUP), dont les PPRi approuvés, sont rassemblées dans une annexe du PLU(i) vers laquelle renvoie le règlement du PLU(i).

Ainsi, PLU(i) et PPRi sont étroitement liés. En fonction des calendriers d'élaboration respectifs, ils peuvent fournir mutuellement des connaissances en matière d'aléas, d'enjeux et de règlement.

En cas de contradiction entre le PPRi et le PLU(i), les dispositions les plus restrictives s'appliquent, que ce soit celles du PLU(i) ou celles du PPRi. En particulier, si le PLU(i) autorise une certaine utilisation des sols dans une zone soumise à des risques d'inondation, mais que cette utilisation est interdite par le PPRi, les dispositions du PPRi prévalent.

1.2.4.5. Les plans de prévention des risques d'inondation (PPRi)

Le PPRi est un outil majeur de l'État pour la prise en compte des risques d'inondation dans l'aménagement des territoires. Il est mobilisable de manière complémentaire avec les outils décrits dans cette partie. Ses spécificités sont développées en [partie 2.1](#).

1.2.5. Au niveau du projet

Le respect des dispositions des documents précités est contrôlé au niveau des projets lors de l'instruction des demandes d'urbanisme, généralement par les collectivités. Les services de l'État peuvent vérifier que l'autorisation délivrée respecte les textes applicables dans le cadre du contrôle de légalité du préfet.

D'autres textes de portée générale peuvent être opposés aux projets pour exiger la prise en compte des risques prévisibles :

- **l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme** permet au maire de refuser ou de n'accepter que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales un projet²³ si celui-ci est de nature à porter atteinte à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations. Cette utilisation est notamment opportune en l'absence de PPR approuvé²⁴ ;
- **l'article R. 425-21 du code de l'urbanisme** permet au préfet de s'opposer, ou d'imposer des prescriptions pour assurer le libre écoulement des eaux ou la conservation des champs d'inondation, à un projet de construction situé dans une zone couverte par un plan de surfaces submersibles (PSS, valant PPR).

²⁰. Le porter à connaissance (PAC) est un dispositif formalisé de partage d'informations de l'État aux collectivités (articles L. 132-2, L. 132-3 et R. 132-1 du code de l'urbanisme).

²¹. Il remplace la carte communale et le POS (plan d'occupation des sols) depuis la loi « Solidarité et renouvellement urbain) du 13 décembre 2000.

²². Ces cartes d'aléa sont alors portées à connaissance des collectivités.

²³. Il est ici fait référence à tout projet soumis à permis de construire, à permis d'aménager ou à déclaration préalable.

²⁴. Cet article peut également être utilisé en complément d'un PPR approuvé si le besoin le justifie.

1.3. Les objectifs du guide

Le présent guide méthodologique a pour ambition de fournir aux services déconcentrés de l'État, maîtres d'ouvrage des PPRn, et aux bureaux d'études qui les accompagnent, les éléments utiles permettant d'élaborer un PPRi par débordement de cours d'eau. Il traite notamment :

- des spécificités relatives à ces PPRi ;
- des méthodes permettant d'établir la carte de l'aléa de débordement des cours d'eau ;
- des points de vigilance relatifs à l'analyse des enjeux en contexte d'inondation ;
- des clés méthodologiques pour l'élaboration du règlement ;
- du contenu détaillé du dossier de PPRn.

1.4. Le périmètre du guide

Sujets couverts par le présent guide	Sujets non couverts par le présent guide
Généralités	
Le cadrage général relatif à la gestion des risques d'inondation.	Le contexte général relatif à la gestion des cours d'eau (directive cadre sur l'eau, schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), etc.). Les responsabilités des différents acteurs.
Aléas	
Les inondations par débordement de cours d'eau (rivières, fleuves, etc.).	Les autres types d'inondation : débordement de cours d'eau torrentiels, remontées de nappe, submersion marine, ruissellement. Les écoulements de versant caractérisés par l'absence de chenal qui concentre les écoulements : coulées de boue, ravinements, ruissellement sur versant. Les déstabilisations de versants qui ont pour origine le sapement en pied par le cours d'eau.
Éléments du dossier de PPRn	
Le cadrage relatif à l'élaboration des PPRi (afin surtout de contextualiser les développements relatifs aux spécificités des débordements de cours d'eau). La qualification de l'aléa. L'analyse des enjeux au regard des risques d'inondation. Les principes de traduction réglementaires, dont les dispositions introduites par le « décret PPRi » de 2019.	Les éléments généraux relatifs aux PPRn qui sont traités dans d'autres guides (notamment le guide général des PPRn) : le détail du cadre réglementaire et la procédure d'élaboration générale d'un PPRn, les règles de rédaction d'un règlement, le détail des réflexions relatives aux enjeux, etc.

Tableau 1 : périmètre du guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation par débordement de cours d'eau.

II. LES SPÉCIFICITÉS DU PROCESSUS D'ÉLABORATION DES PPRI PAR DÉBOURDEMENT DE COURS D'EAU

2.1. Les plans de prévention des risques d'inondation (PPRi)

2.1.1. Le cadre général des PPRi

Les PPRi par débordement de cours d'eau sont des cas particuliers de plans de prévention des risques naturels (PPRn). Ils constituent un outil de référence de l'action de l'État pour répondre aux objectifs de la SNGRI.

Les PPRn ont été créés par la loi du 2 février 1995²⁵ en réponse notamment à des événements d'inondation majeurs ayant montré les conséquences d'un développement de l'urbanisation dans des zones à risques²⁶ et mis en lumière la faible couverture des plans d'exposition aux risques (PER). Depuis cette date, l'élaboration des PPRn remplace celle des plans de surfaces submersibles (PSS), instaurés par le décret-loi du 30 octobre 1935, des PER, instaurés par la loi de 1982, et des périmètres de risque délimités par l'ancien article R. 111-3 du code de l'urbanisme (dits « arrêtés R. 111-3 »). **Les PER, PSS et arrêtés R. 111-3 non abrogés valent encore SUP.**

Les PPRn sont régis par les dispositions législatives et réglementaires codifiées par les articles L. 562-1 à L. 562-9 et R. 562-1 à R. 562-11-9 du code de l'environnement.

L'élaboration du PPRn relève de la compétence du préfet de département, qui désigne le service déconcentré de l'État qui en est chargé (article R. 562-2 du code de l'environnement), généralement la DDT(M). Les PPRn sont élaborés en association avec les collectivités et d'autres personnes publiques, et en concertation avec le public. À leur approbation par le préfet, ils constituent une SUP annexée au document d'urbanisme. Leurs dispositions doivent être respectées, que ce soit dans le cadre de demandes d'autorisation du droit des sols (permis de construire, permis d'aménager, déclarations préalables, certificats d'urbanisme) ou pour des utilisations qui ne relèvent pas d'autorisation d'urbanisme (règles d'utilisation ou d'exploitation, constructions non soumises à autorisation, mesures sur existant, etc.).

2.1.2. Les objectifs des PPRi

Comme le précise l'article L. 562-1 du code de l'environnement, les PPRn :

- **délimitent les zones exposées aux risques**, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, et y **interdisent des projets**²⁷, ou, **dans le cas où ils pourraient y être autorisés, prescrit les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités**, afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines ;
- **délimitent les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques**, mais où des projets pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoient des mesures d'interdiction ou des prescriptions ;
- **définissent les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde**, mesures d'ensemble qui doivent être prises par les particuliers, les gestionnaires de réseaux ou les collectivités ;
- **définissent des mesures relatives à l'existant** afin de réduire la vulnérabilité présente, et peuvent rendre si besoin leur réalisation obligatoire par les propriétaires, les exploitants ou les utilisateurs.

En imposant des dispositions constructives, d'urbanisme et/ou d'usage, le PPRi est un outil au croisement de différents piliers de la prévention des risques d'inondation dans la mesure où il contribue :

- à la **maîtrise de l'extension de l'urbanisation en secteurs exposés**, en préservant notamment les champs d'expansion des crues²⁸ ;

25. Loi n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, dite « loi Barnier »

26. Notamment la crue de 1992 dans le Vaucluse, l'Ardèche et la Drôme ([voir partie 1.1.2](#)).

27. La notion de projet retenue dans ce guide correspond par défaut à tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ([voir partie 5](#)).

28. En limitant l'urbanisation dans certains secteurs inondables, le PPRi contribue également à la préservation de l'équilibre et la qualité des milieux.

- au **développement de projets résilients** dans les secteurs où les conditions le permettent ;
- à la **réduction de la vulnérabilité de l'existant**, la prescription ou l'approbation d'un PPRi permettant l'accès au FPRNM pour :
 - l'attribution de subventions aux collectivités afin de financer des études, travaux ou équipements de prévention et protection,
 - l'attribution de subventions aux particuliers et aux entreprises de moins de 20 salariés pour les études et travaux portant sur les biens existants et rendus obligatoires par le PPR ;
- à **l'information des populations**, le PPRi étant intégré dans l'information obligatoire des acquéreurs-locataires (IAL) dès sa prescription et faisant l'objet de communications spécifiques ;
- de manière indirecte à la **gestion de crise**, l'élaboration d'un plan (inter)communal de sauvegarde (P(I)CS) étant obligatoire pour les communes dotées d'un PPRn ;
- à la **cohérence entre la stratégie de protection des populations et l'aménagement du territoire**, en mettant notamment en évidence que les endiguements protègent, dans une certaine mesure, des zones urbanisées existantes mais ne permettent pas d'ouvrir à l'urbanisation des secteurs exposés à une inondation.

2.1.3. L'évolution et la répartition des PPRi

Dans les années 1980 et 1990, le nombre de communes couvertes par un document « valant PPRi » était relativement faible et constant. À compter de la fin des années 1990, ce nombre a fortement augmenté. En décembre 2023, plus de 11 500 communes étaient dotées d'un PPR traitant du risque d'inondation par débordement (lent ou rapide) de cours d'eau.

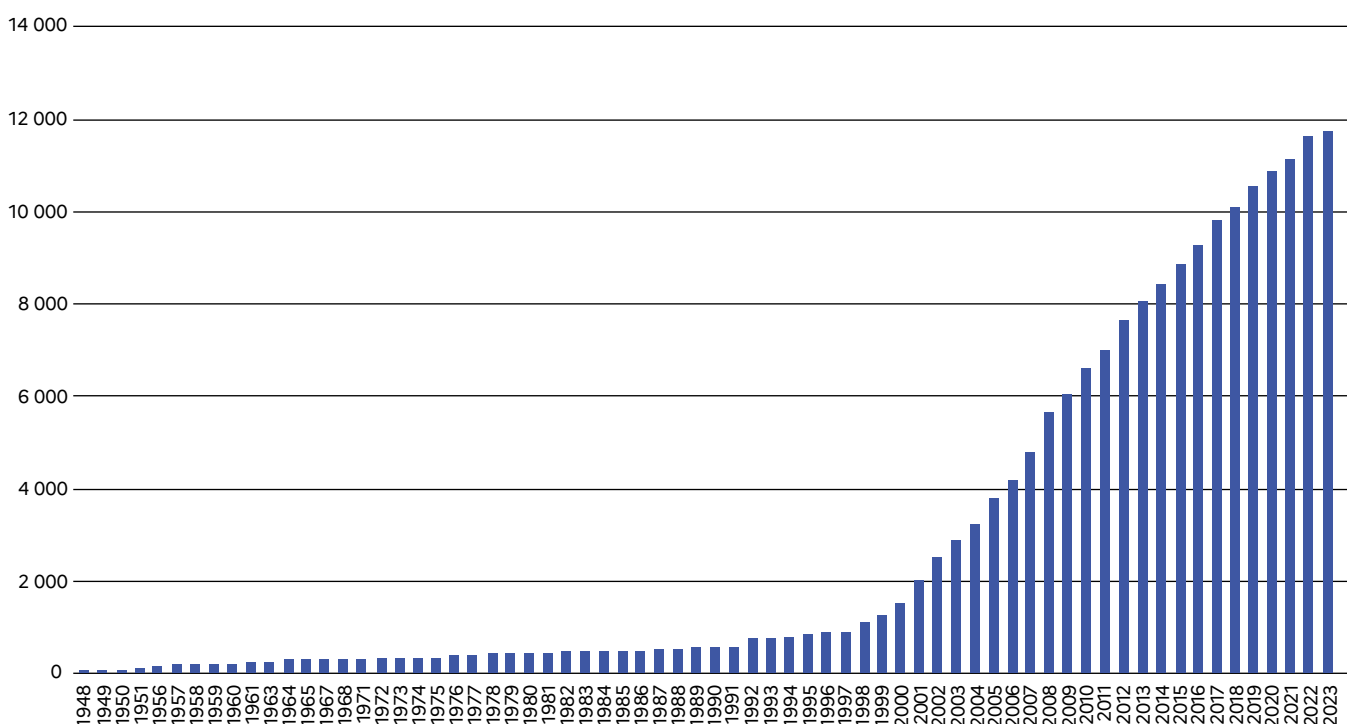


Illustration 6 : évolution du nombre de communes couvertes par un PPR traitant du risque d'inondation par débordement de cours d'eau, ou un dispositif assimilable (PSS, PER, arrêté R. 111-3), depuis 1980 (Source : MTECT, données GASPAREL, décembre 2023).

Répartition géographique des PPRi

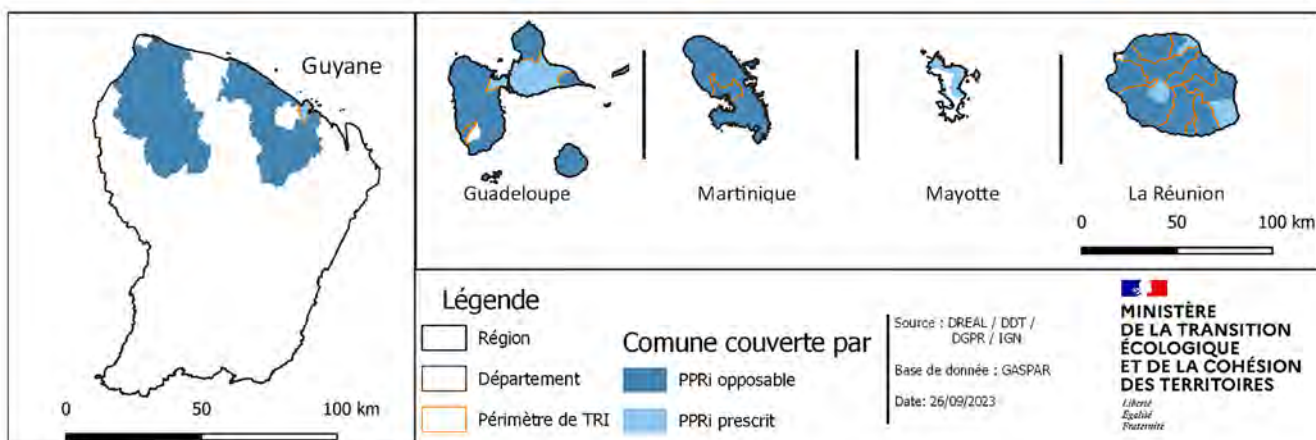
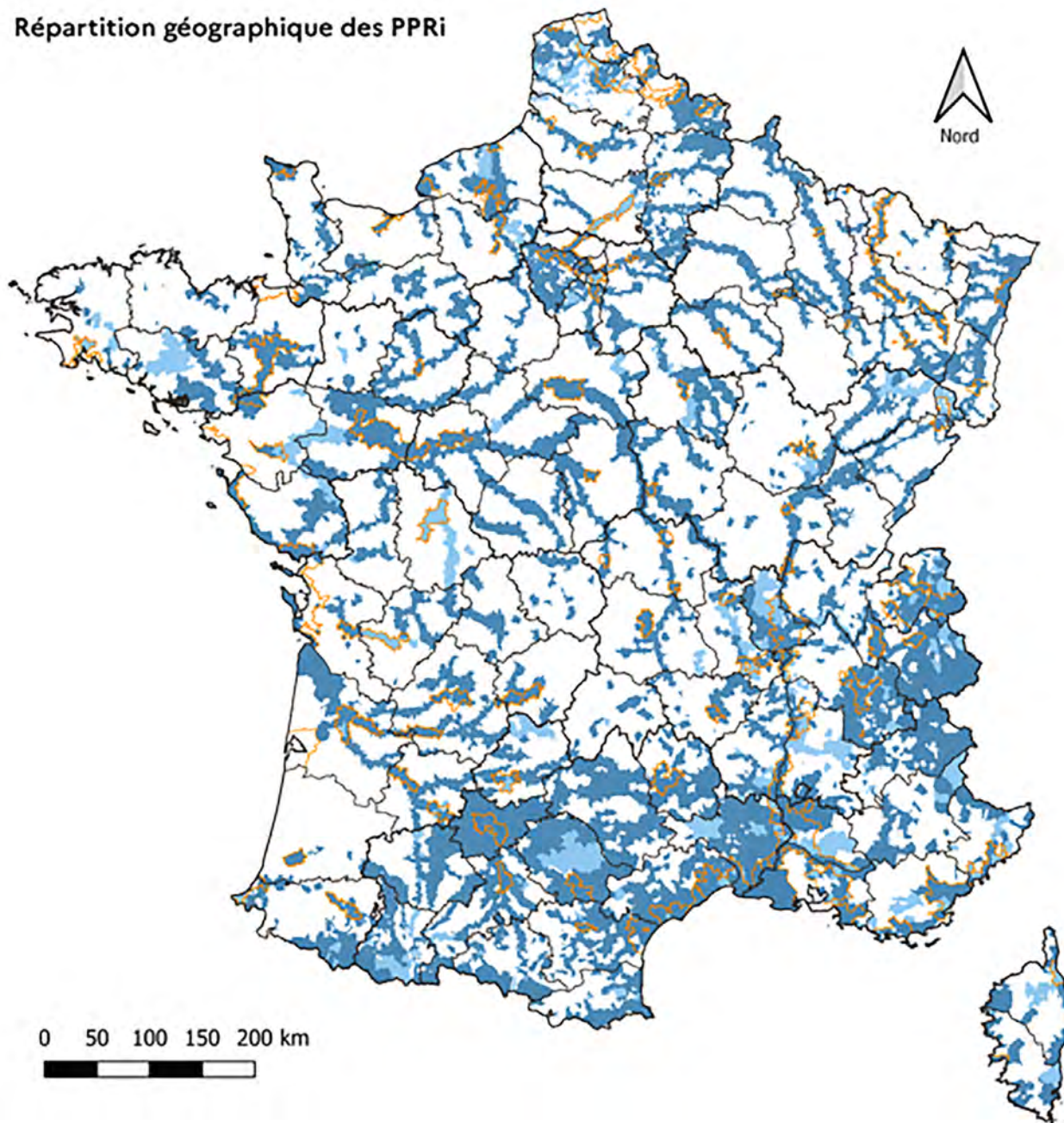


Illustration 7 : répartition géographique des communes couvertes par un PPR traitant un risque d’inondation par débordement de cours d’eau. (Source : MTECT, données GASPARG, septembre 2023).

NB : certains TRI sont concernés principalement par des risques de submersion marine. Ils n’ont pas vocation à être couverts par des PPRi de débordement de cours d’eau, mais par des PPRL, non représentés sur cette carte.

2.1.4. Le « décret PPRi » de 2019

Le cadre réglementaire applicable aux PPRi a connu en 2019 une évolution majeure avec la publication du décret n° 2019-715 du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « *aléas débordement de cours d'eau et submersion marine* », dit « décret PPRi »²⁹. Ce décret a complété les dispositions existantes relatives aux PPRn par une section spécifique aux aléas de débordement de cours d'eau et de submersion marine (articles R. 562-11-1 à R. 562-11-9 du code de l'environnement)³⁰. Les principales évolutions inscrites dans le décret portent sur :

- le **confortement réglementaire de certains principes d'élaboration des PPRi**, préalablement déclinés par le biais de circulaires et de guides, et notamment :
 - la définition et la caractérisation de l'aléa de référence ;
 - le principe de **prise en compte des défaillances des systèmes d'endiguement** ;
 - les principes d'élaboration du zonage réglementaire, en interdisant les constructions nouvelles dans les zones soumises aux aléas les plus forts (introduit dans la circulaire du 24 janvier 1994³¹), en contrôlant strictement l'extension de l'urbanisation dans les zones non urbanisées (introduit dans la circulaire du 24 janvier 1994) et en adaptant la gestion de l'existant dans les centres urbains (circulaire du 24 avril 1996³²) ;
 - la définition des bandes de précaution derrière les systèmes d'endiguement, notion déjà présente dans le guide PPRi de 1999.
- La précision de certaines règles :
 - la prise en compte de la vitesse de montée des eaux pour la définition de la dynamique nécessaire à la qualification des niveaux d'aléa, en complément des variables précédemment prises en compte (hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement) ;
 - le règlement est construit au regard de trois types d'espaces : les centres urbains, les zones urbanisées en dehors des centres urbains, les zones non urbanisées ;
 - la possibilité, dans les zones urbanisées, de réaliser des constructions nouvelles dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain avec réduction de la vulnérabilité, y compris pour des niveaux d'aléa élevés ;
 - l'introduction d'une possibilité d'exception au principe d'interdiction pour des projets essentiels pour le bassin de vie et réduisant la vulnérabilité à l'échelle du territoire, dans le cadre de demandes portées par les collectivités (article R. 562-11-7 du code de l'environnement).

2.2. La priorisation de l'élaboration et la révision des PPRn

La **stratégie régionale de priorisation de l'élaboration et de la révision des PPRn** est établie, en lien avec le niveau départemental, sur la base d'orientations nationales régulièrement communiquées aux services déconcentrés³³. Elle est présentée et validée en comité de l'administration régionale (CAR). Cette stratégie fait l'objet d'échanges au niveau départemental entre le préfet et les collectivités³⁴.

La **priorisation de l'élaboration et de la révision des PPRn** repose, comme pour les autres risques naturels, sur l'évaluation du risque (par exemple, du fait d'une nouvelle connaissance des aléas, ou d'une évolution de la pression foncière) et sur l'analyse des documents d'urbanisme et de la politique d'aménagement (insuffisance de la prise en compte des risques naturels dans les documents d'urbanisme, élaboration ou révision d'un PLU(i), expression d'une volonté par la collectivité, etc.).

²⁹. La parution de ce décret justifie à elle seule la mise à jour du précédent guide.

³⁰. Le « décret PPRi » s'applique aux PPRi dont l'élaboration ou la révision a été prescrite après le 7 juillet 2019. Il est néanmoins recommandé d'appliquer autant que possible les principes qui y sont énoncés dans le cadre de :

- PPRi prescrits avant la publication du décret et toujours en cours d'élaboration ;
- modification de PPRi ;
- « porter à connaissance » à destination des collectivités, notamment en vue de la prise en compte des risques naturels dans les documents d'urbanisme ;
- l'utilisation de l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme pour refuser ou assortir de prescriptions un projet soumis à permis de construire, à permis d'aménager ou à déclaration préalable.

³¹. Circulaire du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables.

³². Circulaire du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables.

³³. Ces orientations sont généralement transmises sous forme d'instruction du ministre chargé de l'écologie aux préfets.

³⁴. Les commissions départementales des risques naturels majeurs, dont les missions sont définies par les articles R. 565-5 à R. 565-7 du code de l'environnement, peuvent constituer un cadre adapté.

Pour les risques d'inondation, l'analyse porte également sur :

- l'adéquation entre les réglementations locales existantes et le cadre apporté par le décret PPRi de 2019 et par les documents « supérieurs » (par exemple, la compatibilité avec un PGRI approuvé) ;
- l'éventuelle absence de réglementation locale (PPRi, PSS, PER, etc.) malgré le caractère exposé des enjeux situés sur le territoire (communes au sein du périmètre d'un TRI, présence de systèmes d'endiguement, etc.) ;
- les inondations passées.

Tous les territoires exposés à des débordements de cours d'eau n'ont pas vocation à être couverts par un PPRi. En fonction du territoire, des stratégies alternatives (réalisation de cartes d'aléa portées à connaissance des collectivités par exemple) peuvent être plus adaptées.

2.3. La procédure d'élaboration

Le présent guide n'a pas pour objectif de présenter les éléments généraux de la procédure d'élaboration, définis dans le code de l'environnement et développés dans le guide général sur les PPRn (MEEM/MLHD, 2016). Il rappelle toutefois certains points à titre informatif afin de contextualiser les développements présentant des spécificités ou un intérêt particulier au titre des risques d'inondation. **Pour toute question relative à la procédure PPRn dans le cadre général, il convient de se référer au code de l'environnement et au document précité, qui font référence.**

La procédure générale d'élaboration des PPRi est rappelée dans l'illustration 8.

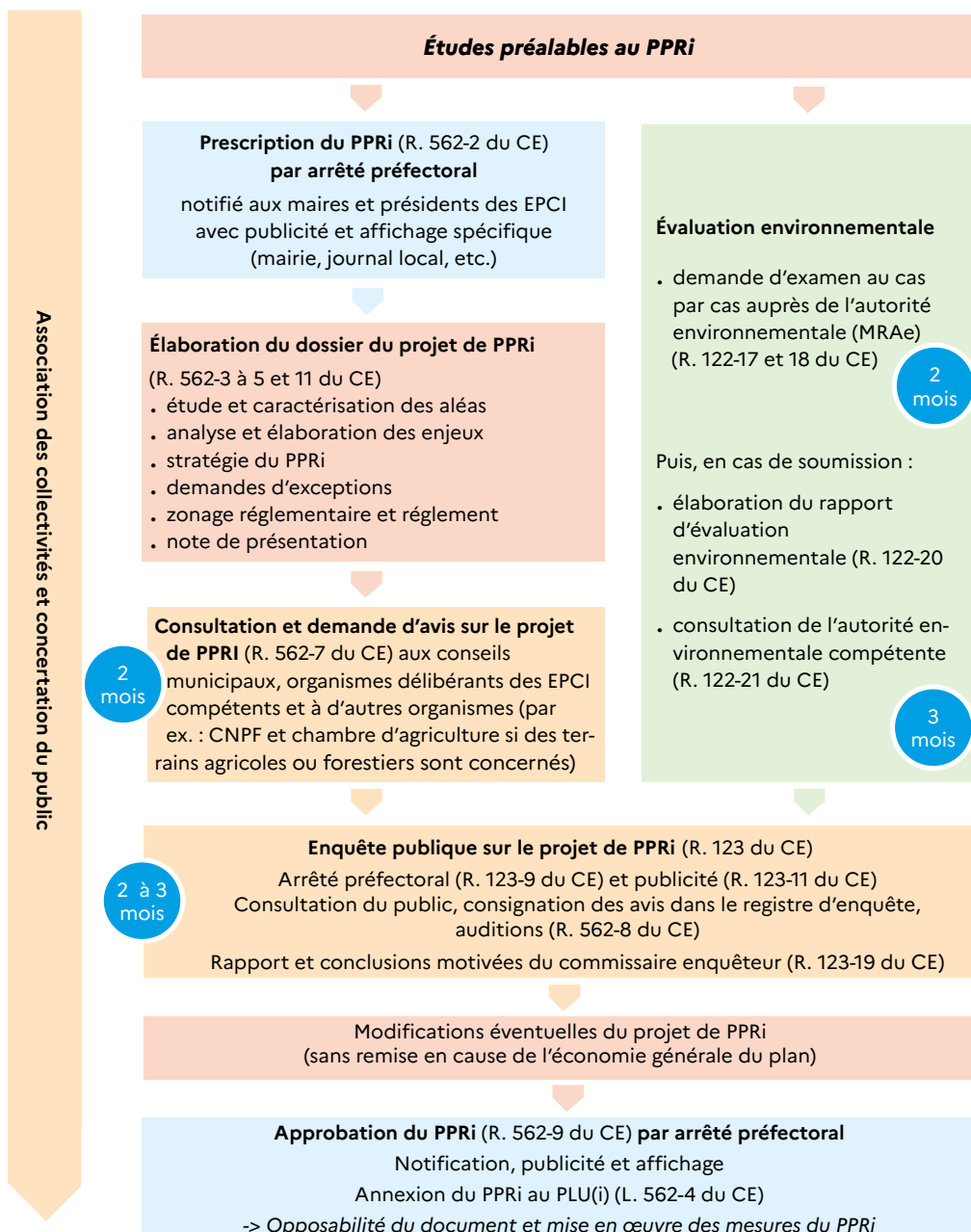


Illustration 8 : démarche générale d'élaboration d'un PPRi (hors procédure d'application anticipée).

2.4. L'association des collectivités locales et des parties prenantes

Les responsabilités et missions sont partagées en matière de prévention des risques d'inondation. Le PPRi est lié à des domaines d'action portés par les collectivités : aménagement, urbanisme, sécurité publique, compétence GEMAPI, etc. La mise en commun des réflexions relatives à ces différents sujets permet d'élaborer le PPRi en cohérence avec les réalités du territoire³⁵ et avec les démarches connexes.

Ainsi, dès que l'intérêt potentiel d'un PPRi est identifié, et tout au long du processus d'élaboration, une coordination étroite entre les services de l'État et les parties prenantes du territoire est à mettre en place. Ces échanges, pilotés par les services de l'État souvent sous forme de réunions de travail avec les services techniques et de présentations aux élus, correspondent à **l'association** relative au PPRi. Ils reflètent le caractère concerté de la politique de prévention des inondations.

Ces interactions permettent de recueillir des connaissances techniques (crues historiques, vulnérabilité des enjeux par rapport aux inondations, mesures de gestion adaptées, etc.) et contribuent à l'émergence d'une vision partagée. Elles constituent un levier important pour instaurer un climat constructif entre des acteurs qui assument des rôles différenciés et complémentaires.

L'association est également l'occasion pour les services de l'État de partager certains messages fondamentaux, comme le rappel des objectifs et des principes de la SNGRI qui guident l'élaboration du plan, le cadre général de la politique de prévention des inondations, la définition de l'aléa de référence, les règles de gestion des zones inondables, le principe de faillibilité des ouvrages, etc.

Les organismes associés sont, au minimum (article L. 562-3 du code de l'environnement) :

- les collectivités territoriales (notamment les communes) concernées par le PPRi ;
- le ou les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) concernés, notamment ceux compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme (SCOT et PLU(i)) et dont le périmètre d'intervention recoupe celui du PPRi.

Au-delà des autres organismes identifiés dans le guide PPRn général, des organismes ou personnes peuvent utilement être associées au regard de leurs liens possibles avec les risques d'inondation :

- l'autorité compétente en matière de GEMAPI (l'EPCI peut déléguer ou transférer cette compétence) ;
- les EPAGE et/ou EPTB, définis par l'article R. 213-12 du code de l'environnement ;
- les chambres consulaires, et notamment la chambre d'agriculture et le Centre national de la propriété forestière, lorsque le projet de PPRi impacte les usages ou l'exploitation des terrains agricoles ou forestiers ;
- le service départemental d'incendie et de secours (SDIS) ;
- la commission locale de l'eau (CLE) ;
- les gestionnaires d'ouvrages hydrauliques ;
- etc.

2.5. La concertation du public

En fonction du contexte, le terme « concertation » peut faire référence à différentes formes d'échanges, du partage d'information, à la consultation (comme dans la circulaire du 3 juillet 2007), jusqu'à la co-construction (comme dans le guide de la concertation, MEDD, 2003). Il est donc important de bien définir le terme pour lever toute ambiguïté.

Dans le cadre des PPRi, la concertation regroupe l'ensemble des démarches permettant un échange et une discussion publique avec les habitants du territoire. Elle peut revêtir plusieurs formes : réunions publiques, mises en ligne de documents, forums d'échange, registres dans les mairies, etc. Si l'État engage le dialogue et motive ses décisions, il reste toutefois libre de ses choix.

La formalisation de l'ensemble des actions de la concertation est réalisée dans un bilan de concertation (article R. 123-8 du code de l'environnement).

Cette étape ne présente pas de spécificité particulière pour les PPRi par débordement de cours d'eau.

35. Circulaire du 3 juillet 2007, relative à la consultation des acteurs, la concertation avec la population et la consultation des collectivités territoriales dans le cadre des PPRn.

2.6. Les études techniques

2.6.1. Le principe général

Les études techniques, qui ont pour finalité l'élaboration des pièces du dossier de PPRi (note de présentation, zonage réglementaire et règlement), sont une composante essentielle du processus d'élaboration. Elles portent sur trois grandes thématiques dont l'articulation est précisée par l'illustration 9 :

1. L'analyse des aléas (cf. [partie 3](#)), qui consiste principalement à :

- comprendre le fonctionnement pluviométrique, hydrologique et hydraulique du territoire et les phénomènes d'inondation auxquels le secteur est exposé, notamment à travers l'analyse des événements historiques ;
- déterminer les scénarios à étudier ;
- cartographier les niveaux de l'aléa de référence, qui traduisent de manière synthétique des hauteurs d'eau et des dynamiques en cas de survenue du (ou des) scénario(s) de référence.

2. L'analyse des enjeux (cf. [partie 4](#)), que sont les personnes, les biens, les activités et le patrimoine du territoire, et qui consiste à :

- comprendre le fonctionnement du territoire, son organisation spatiale, ses perspectives d'évolution, etc. ;
- cartographier les différents niveaux d'urbanisation, zones non urbanisées d'une part, et urbanisées d'autre part, au sein desquelles sont identifiés les centres urbains ;
- étudier l'exposition et si possible la vulnérabilité aux inondations.

3. L'élaboration de la partie réglementaire³⁶ (cf. [partie 5](#)), qui s'appuie sur un croisement des résultats de l'analyse des aléas et des enjeux³⁷. Elle a pour objectif :

- de définir une stratégie³⁸ précisant la manière de décliner le cadre national en cohérence avec les spécificités locales ;
- d'élaborer le zonage réglementaire, qui cartographie les différentes zones réglementées ;
- de définir le règlement, qui précise les règles applicables à chaque zone.

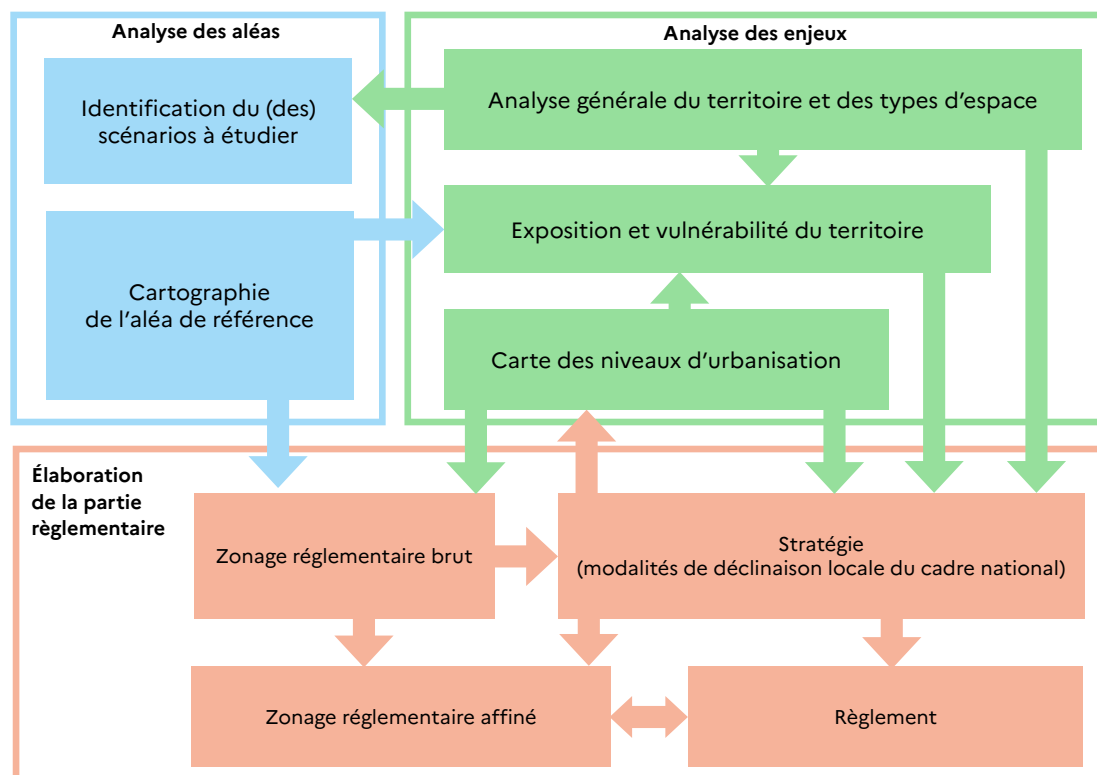


Illustration 9 : articulation générale entre les parties techniques d'un dossier de PPRi.

36. La partie réglementaire constitue les pièces opposables du PPRi après approbation.

37. Le risque correspondant au croisement entre un aléa, un enjeu et la vulnérabilité de cet enjeu à l'aléa, le règlement est ainsi intrinsèquement lié à la notion de risque (à chaque niveau de risque est associé un ensemble de règles).

38. Cette notion est développée [en début de partie 5](#).

2.6.2. L'articulation entre les travaux techniques et les étapes administratives

Les études techniques s'étendent sur l'ensemble de la procédure d'élaboration. Elles alimentent différentes étapes « administratives ». Les sujets à traiter et le degré de précision des réflexions techniques sont à adapter à l'objectif recherché et aux éléments nécessaires aux différentes étapes.

2.6.2.1. Les études « préalables »

Des études préalables **peuvent être menées en amont de la prescription du PPRI**, généralement sous le pilotage du service qui sera chargé de l'élaboration du PPRI.

L'arrêté prescrivant l'élaboration d'un PPRI détermine en effet certains éléments qui nécessitent des approfondissements techniques, notamment le **périmètre** mis à l'étude et la **nature des risques** pris en compte.

Sur certains territoires, les études techniques peuvent être particulièrement complexes. Disposer de premières connaissances au moment de la prescription permet de conserver de bonnes conditions pour l'élaboration du zonage et du règlement, et les nécessaires consultations et concertations avant l'approbation du PPRI.

La prescription rapide du plan a un intérêt certain pour le territoire concerné, en permettant la mobilisation des dispositifs de l'information préventive et du FPRNM. Il revient donc au préfet de trouver le bon équilibre entre les sujets à traiter avant ou après la prescription et de juger du moment opportun pour prescrire le plan.

2.6.2.2. Le projet de plan « consolidé »

Une fois le PPRI prescrit, les études préalables sont consolidées, en lien direct avec les parties prenantes du territoire selon les modalités d'association et de concertation définies dans l'arrêté.

Sont notamment affinés :

- la caractérisation des aléas : approfondissement de sous-scénarios, adaptation des bandes de précaution, etc. ;
- les cartes relatives aux enjeux : délimitation fine des niveaux d'urbanisation, identification des projets d'aménagements essentiels, etc. ;
- le zonage et le règlement, réalisés sur la base de ces connaissances : zonages précis, exceptions portées par les collectivités, détail des dispositions du règlement, etc.

Ces étapes permettent d'aboutir à un dossier de projet de plan qui est soumis à consultation puis à enquête publique.

2.6.2.3. La finalisation du projet de plan

Les retours de la consultation et de l'enquête publique peuvent conduire à adapter le projet de plan.

2.6.2.4. Synthèse

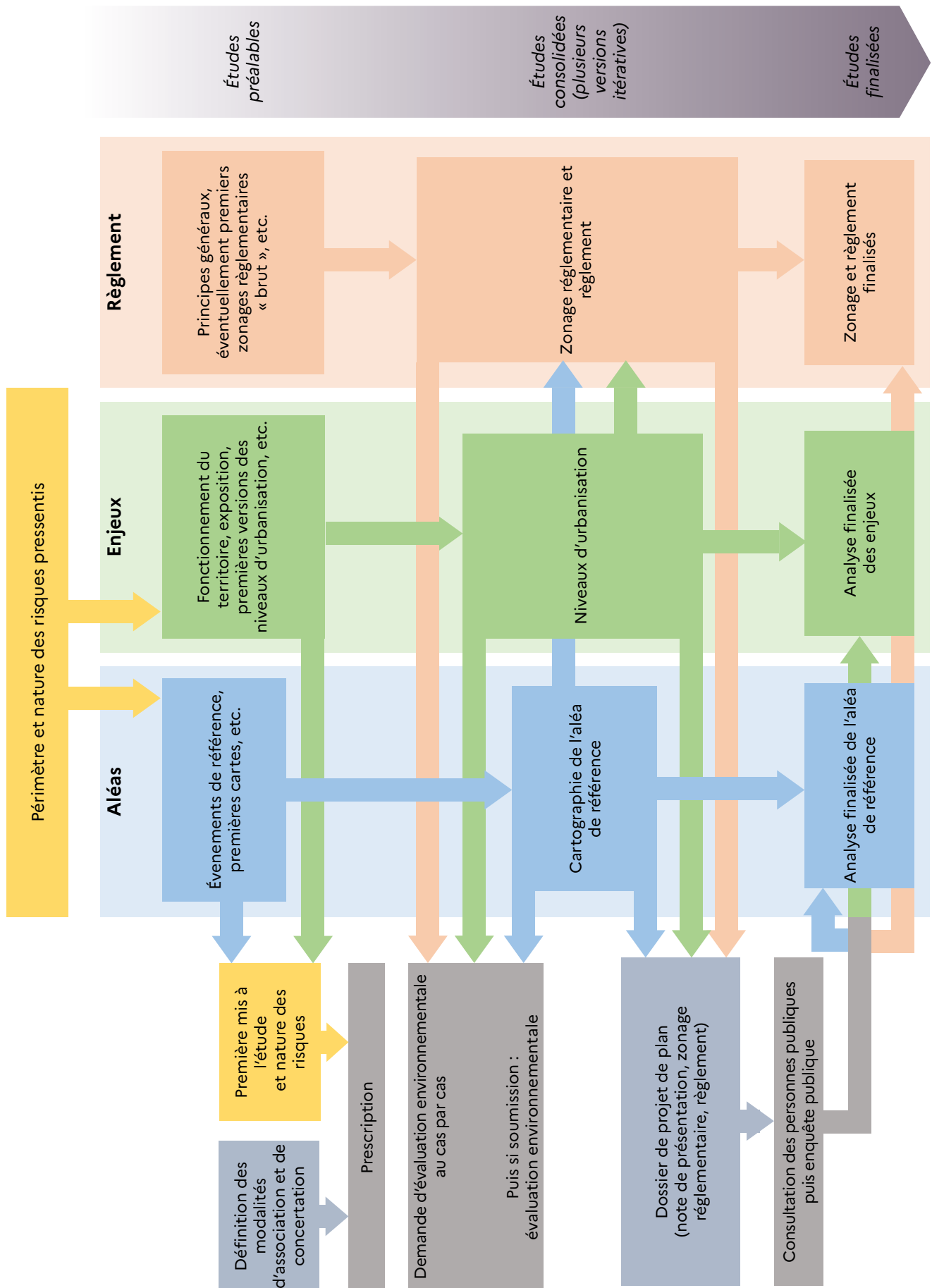


Illustration 10 : articulation entre les principales étapes techniques et les principales étapes administratives.

2.7. La prescription du PPRi

La prescription, par arrêté préfectoral, est la décision administrative par laquelle le préfet de département³⁹ formalise l'initialisation d'un PPRi (articles R. 562-1 et 2 du code de l'environnement). L'arrêté de prescription précise notamment le périmètre mis à l'étude, la nature des risques, les modalités de la concertation et de l'association⁴⁰ et le service de l'État chargé d'instruire le projet.

Le périmètre mis à l'étude

Le périmètre étudié est défini de manière à pouvoir appréhender le fonctionnement des cours d'eau et le phénomène d'inondation dans leur globalité. Il s'inscrit dans un bassin de risque, c'est-à-dire un espace géographique homogène, cohérent au regard de critères topographiques, géomorphologiques et hydrodynamiques. Le bassin de risque peut être un bassin versant, ou une partie de bassin versant.

À l'intérieur de ce bassin de risque, différents critères permettent ensuite d'identifier le périmètre à retenir pour la prescription du PPRi : fonctionnement général du territoire exposé, localisation des enjeux, périmètres d'éventuels PPRi sur les secteurs en amont ou en aval, points faciles à identifier pour décrire le secteur (confluences, ponts), etc.

Cette approche en deux temps conduit généralement à identifier un périmètre pluri-communal. Deux options sont alors possibles : l'arrêté de prescription peut retenir l'intégralité de ce périmètre, ou une prescription peut être arrêtée par commune (ou par groupe de communes).

Le périmètre des zones réglementées au titre du PPRi pressenti au moment de la prescription peut être ajusté a posteriori en fonction de l'évolution du niveau de connaissance (notamment de l'exposition des enjeux) et du contexte local :

- il peut s'avérer que certaines zones comprises dans le périmètre prescrit ne soient finalement pas réglementées, les études montrant par exemple qu'elles ne sont pas soumises à l'aléa de référence ;
- à l'inverse, le périmètre est revu à la hausse si les études mettent en évidence des zones inondables qu'il serait utile de réglementer en dehors du périmètre initial, ou des zones non concernées directement par le risque mais pouvant participer à l'aggravation de ce dernier.

En cas de modification du périmètre, un arrêté de prescription modificatif, visant la diminution ou l'extension du périmètre, doit être notifié aux communes concernées.

La nature des risques pris en compte

Au regard de la nomenclature de l'application GASPARG⁴¹, les aléas traités par le présent guide relèvent des *inondations par crue à débordement lent de cours d'eau ou des inondations à montée rapide de cours d'eau* (hors cours d'eau torrentiels).

Une inondation recoupe souvent plusieurs phénomènes, dont les limites ne sont pas toujours précises : remontées de nappes souterraines, ruissellements et accumulations en pied de versant, concomitance avec des submersions marine dans les estuaires, etc. Les études préalables sont une opportunité pour s'interroger sur la pertinence d'intégrer dans le PPRi d'autres aléas⁴² insuffisamment pris en compte par ailleurs et pouvant causer des dommages majeurs.

2.8. L'évaluation environnementale (examen au cas par cas)

Une évaluation environnementale vise à estimer les conséquences d'un dispositif sur l'environnement. Pour les PPRn, le code de l'environnement prévoit une procédure d'examen préalable pour apprécier, au cas par cas, le besoin d'une telle évaluation (articles L. 122-4 et suivants, R. 122-17 II-2° et R. 122-18).

Depuis la publication du décret du 22 juin 2023⁴³, la demande d'examen au cas par cas peut être faite après la prescription du PPRi et les premiers échanges avec les collectivités, tout en restant suffisamment en amont de la procédure d'élaboration.

³⁹. En cas de PPRi interdépartemental, un préfet pilote est identifié, mais les arrêtés préfectoraux sont co-signés, et les services de l'État des différents territoires sont associés à la démarche.

⁴⁰. L'association « officielle » commence lors de la prescription du PPRi, qui en définit les modalités. Cependant, il est important d'associer également les partenaires en amont de la prescription, notamment dans le cadre des études préalables, et de tracer les échanges menés dans le rapport d'association.

⁴¹. Gaspar est la base nationale de Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques.

⁴². Ces autres sources d'inondation sont définies dans le glossaire, mais ne sont pas traitées dans le présent guide.

⁴³. Le décret n° 2023-504 du 22 juin 2023 portant diverses dispositions relatives à l'évaluation environnementale des plans et programmes supprime le deuxième alinéa de l'ancien article R. 562-2 du code de l'environnement.

Cela permet au service chargé de l'élaboration du plan de fournir à la mission régionale de l'autorité environnementale (MRAe) les informations lui permettant de se prononcer sur l'intérêt de réaliser ou non une évaluation environnementale (article R. 122-18 du code de l'environnement), et notamment :

- une première connaissance des aléas d'inondation, au minimum sous forme d'une carte provisoire des emprises inondables, éventuellement complétée par des informations de hauteur et de vitesse. Cela nécessite d'avoir déterminé à ce stade le scénario de référence, ainsi que les principaux sous-scénarios à prendre en compte (notamment de défaillance des ouvrages et de prise en compte de l'élévation du niveau de la mer), et d'avoir réalisé de premières modélisations ;
- une bonne connaissance du fonctionnement du territoire, de son exposition aux inondations, de sa vulnérabilité, de ses contraintes, et des grandes orientations relatives à l'aménagement ;
- une évaluation générale du zonage pressenti et de ses conséquences potentielles en termes d'urbanisation au sein des différents espaces (urbanisés, à urbaniser, agricoles, naturels, etc.).

Il est utile d'échanger avec la MRAe en amont de la demande d'examen au cas par cas afin qu'elle partage les éléments qu'elle juge nécessaires au bon traitement du dossier.

2.9. La consultation des collectivités et des services

Lorsqu'un projet de dossier de PPRi est élaboré, il est formellement soumis à la consultation des parties prenantes associées (collectivités, différents services, etc.) qui formalisent un avis sur le projet de plan. Cette étape est une phase obligatoire de la démarche d'association définie par le code de l'environnement (article R. 562-7).

Cette étape ne présente pas de spécificité particulière pour les PPRi par débordement de cours d'eau.

2.10. L'enquête publique

L'enquête publique est une étape obligatoire de l'élaboration des PPRi (article R. 562-8 du code de l'environnement) qui a lieu à l'issue de la consultation. C'est une procédure réglementée dont l'objectif est de recueillir les observations, remarques, avis et propositions des personnes concernées par le plan (articles R. 123-6 à R. 123-23 du code de l'environnement).

Elle est réalisée sous l'égide d'un commissaire enquêteur ou d'une commission d'enquête⁴⁴ indépendants, sélectionnés par le tribunal administratif au regard d'aptitudes techniques, juridiques et administratives (article R. 123-5 du code de l'environnement).

Cette étape ne présente pas de spécificité particulière pour les PPRi par débordement de cours d'eau.

2.11. L'approbation du PPRi

À l'issue de l'enquête publique, et après intégration des éventuelles modifications résultant de la consultation des personnes publiques ou de l'enquête publique, le PPRi est approuvé par arrêté préfectoral (articles L. 562-3 et R. 562-9 du code de l'environnement).

Certaines modalités d'approbation du PPRi peuvent être définies au moment de l'enquête publique. En particulier, le périmètre du PPRi approuvé doit être identique à celui mis à l'enquête publique. En cas de PPRi prescrit sur un territoire intercommunal, il peut être retenu :

- d'approuver le plan sur l'ensemble du périmètre du groupe de commune, ce qui présente l'avantage de limiter les démarches administratives. En revanche, en cas de contentieux local et d'annulation de l'arrêté d'approbation, l'ensemble du territoire est potentiellement⁴⁵ affecté par cette décision ;
- de réaliser une enquête publique et d'approuver le plan au niveau de chaque commune, ou d'un petit groupe de communes, ce qui multiplie les démarches, mais apporte une sécurité juridique en limitant le risque d'annulation complète du PPRi.

Le choix de retenir l'une ou l'autre des options dépend du contexte local, et doit notamment prendre en compte le fait que les risques juridiques relatifs à l'élaboration d'un PPRi portent souvent sur des points de légalité externe (vices de forme, publicité, modalités d'enquête publique, etc.).

Le PPRi approuvé doit être annexé sans délai au PLU(i) (article L. 562-4 du code de l'environnement) et/ou publié sur le Géoportail de l'urbanisme (article L. 152-7 du code de l'urbanisme) pour valoir SUP.

45. L'annulation est parfois partielle.

2.12. L'application anticipée

La procédure d'application anticipée est définie aux articles L. 562-2 et R. 562-6 du code de l'environnement. Lorsque le projet de PPRi est suffisamment avancé, le préfet peut, si l'urgence de la situation le justifie, et après consultation des maires concernés, rendre immédiatement opposables certaines dispositions du projet de PPRi relatives aux projets nouveaux.

Cette étape ne présente pas de spécificité particulière pour les PPRi par débordement de cours d'eau.

2.13. La modification et la révision du PPRn

Les deux principales⁴⁶ procédures permettant une évolution d'un PPRi approuvé sont :

- **la modification** (articles L. 562-4-1 et R. 562.10-1 du code de l'environnement), qui porte sur des changements ne portant pas atteinte à l'économie générale du plan (par exemple la rectification d'une erreur matérielle ou la modification d'un élément mineur) ;
- **la révision** (articles L. 562-4-1 et R. 562.10 du code de l'environnement), totale ou partielle, qui porte sur des changements modifiant l'économie générale du plan (par exemple à la suite de la survenue d'une crue majeure morphogène remettant en cause l'aléa de référence, ou après la mise en place d'aménagements de nature à faire substantiellement évoluer l'aléa dans le cadre d'un PAPI).

Cette étape ne présente pas de spécificité particulière pour les PPRi par débordement de cours d'eau.

46. L'article L. 562-4-1 du code de l'environnement prévoit également une procédure d'adaptation.

3. LA CARACTÉRISATION ET LA QUALIFICATION DE L'ALÉA DE DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU (HORS COURS D'EAU TORRENTIEL)

Un aléa est la manifestation, en un point donné, d'un phénomène susceptible de survenir et de causer des dommages aux personnes, aux biens et plus généralement à l'environnement. Il est défini par une intensité et une probabilité d'occurrence.

Dans le cadre des PPRi par débordement de cours d'eau, l'objectif de l'étude d'aléa est de cartographier **un aléa de référence traduisant les manifestations prévisibles d'un (ou plusieurs) scénario(s) de référence. Cet aléa est qualifié et représenté de manière cartographique** selon au maximum quatre niveaux : « faible », « modéré », « fort » et « très fort »⁴⁷, en fonction de la hauteur d'eau ainsi que de la dynamique liée à la combinaison de la vitesse d'écoulement de l'eau et de la vitesse de montée des eaux⁴⁸.

Cette partie présente les éléments utiles à la compréhension des aléas relatifs aux débordements de cours d'eau (hors cours d'eau torrentiels) et à la cartographie de l'aléa de référence d'un PPRi.

3.1. Les crues des cours d'eau (hors cours d'eau torrentiels)

3.1.1. Les cours d'eau

Les cours d'eau non torrentiels sont caractérisés par :

- des pentes faibles (généralement inférieures à 1 %) ;
- un faible transport solide, prenant majoritairement la forme d'un transport par suspension et de flottants. Il en résulte que les dommages associés aux débordements relèvent principalement de phénomènes d'inondation, les érosions et dépôts de matériaux solides générant des dommages secondaires au regard de l'ampleur globale de l'évènement.

3.1.2. Les crues des cours d'eau

Une crue est une augmentation significative et temporaire du débit d'un cours d'eau.

Comprendre le processus à l'origine de la crue nécessite d'analyser les facteurs concourant à l'augmentation temporaire des débits : exposition et réaction du bassin versant aux précipitations, topographie, occupation et perméabilité du sol et du sous-sol, état hydrique, concomitance éventuelle avec d'autres sources d'inondation, etc.

L'eau mobilisable en amont peut provenir :

- **de pluies répétées ou prolongées** sur un grand bassin versant (par exemple, la Loire ou la Seine) ;
- **d'épisodes pluvieux relativement courts mais très intenses** qui peuvent toucher tout ou partie de la superficie de petits bassins versants. Ces pluies intenses peuvent également être à l'origine de ruissellements⁴⁹ ;
- de **la fonte de neiges ou de glaces** au moment d'un redoux. Cette fonte, associée ou non à des pluies, est transportée dans les plaines généralement par les cours d'eau torrentiels (torrents et rivières torrentielles, non traités dans ce guide).

En aval, les eaux se concentrent selon un axe drainant. Lorsque le débit devient supérieur à celui que peut évacuer le lit mineur (la capacité du lit mineur est généralement limitée à des débits de crues de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans), les eaux débordent dans le lit majeur⁵⁰. On parle alors d'inondation (cf. illustration 11).

⁴⁷. Article R. 562-11-4 I du code de l'environnement.

⁴⁸. Dans le cadre des PPRi par débordement de cours d'eau, les niveaux d'aléa sont donc généralement représentatifs des niveaux d'intensité des écoulements liquides en cas d'évènement de référence. À noter qu'ils peuvent traduire d'autres aléas (des fosses d'érosion dans les bandes de précaution par exemple). Pour d'autres aléas d'inondation (par débordement de cours d'eau torrentiels par exemple), la détermination des niveaux d'aléa peut être complétée par d'autres critères : affouillements, engravements, probabilité d'atteinte, etc.

⁴⁹. Le ruissellement n'est pas développé dans le cadre du présent guide.

⁵⁰. Il peut également être intéressant d'étudier l'impact des apports de la nappe phréatique.

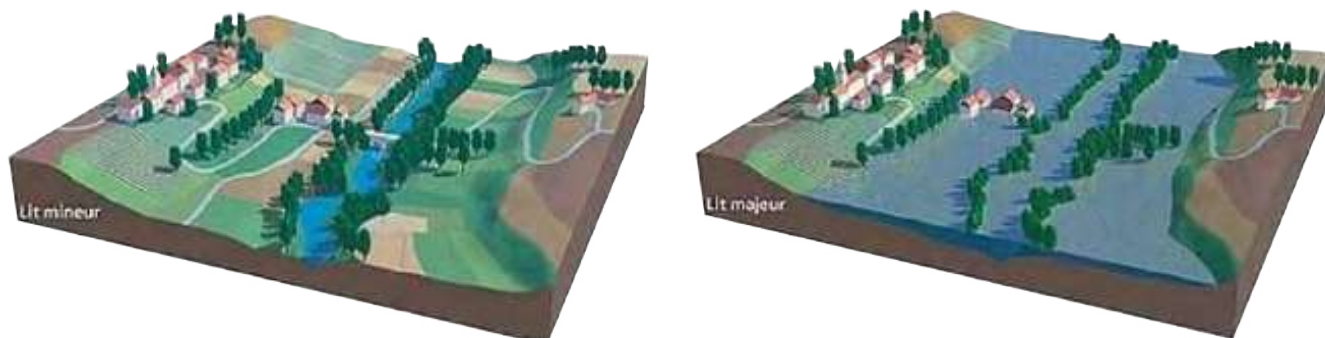


Illustration 11 : lit mineur et lit majeur © MEDD – Dossier d’information inondations (2004).

Une inondation par débordement de cours d’eau désigne ainsi une submersion temporaire d’une zone habituellement hors d’eau causée par une crue qui déborde du lit mineur et qui afflue dans les talwegs ou les dépressions du lit majeur. Elle est limitée dans le temps (durée de quelques heures à quelques jours en fonction du ressuyage). Une inondation par débordement de cours d’eau peut survenir même en l’absence de pluie locale, du fait de la propagation des débits de l’amont vers l’aval.

Deux types d’inondation par débordement de cours d’eau sont distingués dans ce guide, leurs principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 2. Il existe généralement un continuum entre les différents types d’inondation.

	Inondations lentes	Inondations rapides
Facteurs déclenchants prépondérants	Pluies prolongées sur les reliefs en amont.	Averses intenses en amont, à caractère orageux et stationnaire.
Lieu de survenance	En plaine, vallées larges à pente faible et régions de plateau à l’aval de grands bassins versants (plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés).	Au niveau de l’exutoire de petits bassins versants.
Cinétique	Vitesses de montée des eaux faibles en moyenne, de l’ordre de quelques centimètres par heure (les vitesses de montée des eaux peuvent toutefois être localement élevées, notamment dans certaines zones de cuvettes qui sont alors particulièrement dangereuses). Temps de concentration du bassin versant supérieur à 12 heures.	Vitesses de montée des eaux moyennes pouvant être de l’ordre de plusieurs décimètres par heure. Temps de concentration du bassin versant inférieur à 12 heures. <i>NB : en dessous de 6 h, on parle de crues soudaines.</i>
Durée de l’inondation avant retour à la normale	Plusieurs jours, parfois plusieurs semaines.	Quelques heures à plusieurs jours.
Laminage	Potentiellement important. Le débit de pointe de la crue en aval est d’autant plus amorti et sa propagation ralentie que la zone d’expansion des crues est large et la pente faible.	Peu d’effet d’amortissement ou de laminage.
Délai de prévision	Entre plusieurs heures et quelques jours permettant l’anticipation de l’alerte et le déclenchement des plans (inter)communaux de sauvegarde (P(I)CS) et des plans de continuité d’activité (PCA).	La réactivité du bassin versant rend complexe l’alerte et l’évacuation des populations menacées.

Tableau 2 : les caractéristiques des inondations (lentes/rapides).

3.2. La cartographie de l'aléa de référence

3.2.1. Le principe général

De façon globale, l'étude d'aléa comporte différents volets dont l'importance dépend des caractéristiques du secteur à étudier (complexité et mode de fonctionnement du bassin versant, types de crues historiques, données disponibles, etc.). Elle repose sur des modélisations qui nécessitent une expertise et une analyse critique, et s'appuie sur la complémentarité d'approches qualitatives et quantitatives.

La démarche générale de l'étude d'aléa se déroule selon trois phases techniques, décrites plus précisément dans la suite de cette partie.

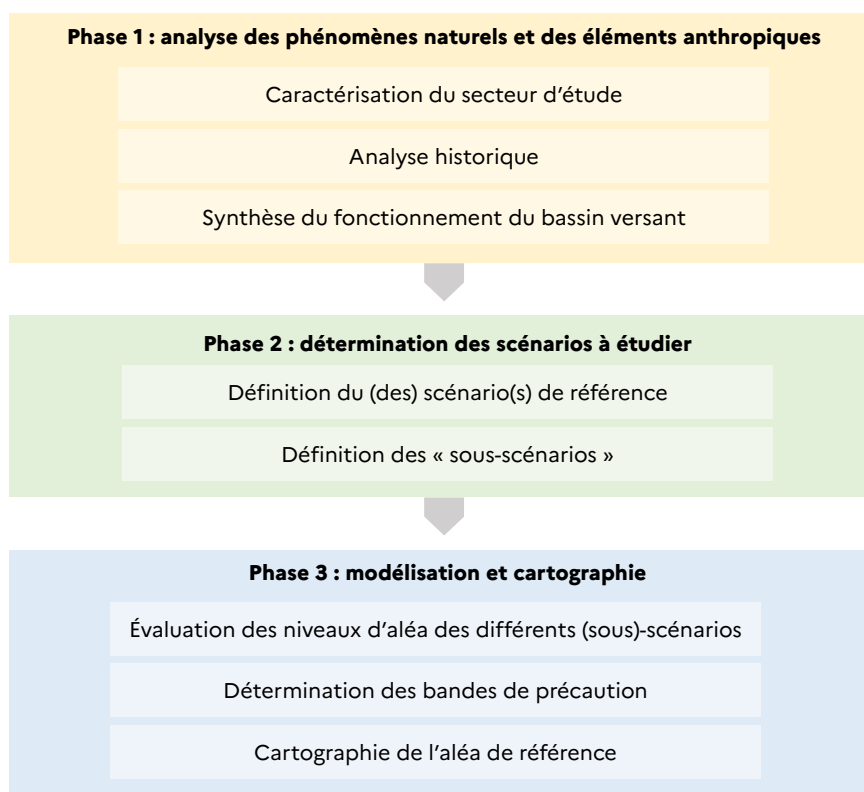


Illustration 12 : démarche générale de l'étude d'aléa.

La première phase de l'étude d'aléa est une analyse générale des phénomènes naturels et des éléments anthropiques pouvant affecter les écoulements. Elle apporte des éléments nécessaires au choix du périmètre d'étude, à la caractérisation du scénario de référence et aux choix des sous-scénarios ([voir partie 3.2.2](#)). Elle comprend les étapes suivantes :

- **la caractérisation du secteur d'étude**, qui porte sur l'analyse du cadre géomorphologique, des conditions météorologiques et pluviométriques, du fonctionnement hydraulique du site et des aménagements hydrauliques et structures (systèmes d'endiguement, et de manière générale l'ensemble des ouvrages susceptibles de faire obstacle aux écoulements) pouvant affecter les écoulements ([voir partie 3.2.2.2](#)) ;
- **une analyse historique**, qui décrit les principaux événements marquants survenus par le passé, afin de dégager des éléments de compréhension complémentaires sur l'évolution et le fonctionnement du secteur d'étude ([voir partie 3.2.2.3](#)) ;
- **la synthèse du fonctionnement du bassin versant et du cours d'eau**, qui s'appuie sur les résultats des étapes précédentes pour décrire les principaux facteurs et phénomènes à l'origine des inondations ([voir partie 3.2.2.4](#)).

La seconde phase consiste à faire émerger et à caractériser les scénarios à étudier ([voir partie 3.2.3](#)). Elle est structurée en deux étapes principales :

- **la détermination d'un (ou plusieurs) scénario(s) de référence**, déterminé(s) à partir de l'évènement d'inondation le plus important connu et documenté, ou d'un évènement théorique de fréquence centennale si ce dernier est plus important (article R. 562-11-3 du code de l'environnement) ([voir partie 3.2.3.1](#)) ;

- **un ou plusieurs « sous-scénarios »** sont ensuite identifiés pour chaque scénario de référence. Ils traduisent les variations possibles des manifestations du scénario de référence, du fait notamment de la multiplicité des comportements possibles d'éléments anthropiques : tenue ou ruptures d'ouvrage de protection, transparence ou obstruction de pont, etc. ([voir partie 3.2.3.2](#)).

La troisième phase consiste à modéliser et cartographier l'aléa de référence ([voir partie 3.2.4](#)). Elle se décompose selon les trois étapes suivantes :

- **l'évaluation, pour chaque sous-scénario et pour chaque secteur, des hauteurs d'eau et des dynamiques**, liées à la combinaison de la **vitesse d'écoulement** de l'eau et de la **vitesse de montée** des eaux. Ces informations permettent de définir les niveaux d'aléa selon au maximum quatre niveaux : « faible », « modéré », « fort » et « très fort » ([voir parties 3.2.4.1](#) et [3.2.4.2](#)) ;
- **la détermination des bandes de précaution**, notamment à l'arrière des systèmes d'endiguement ([voir partie 3.2.4.3](#)) ;
- **la construction de la carte de l'aléa de référence**, regroupant les niveaux d'aléa maximaux sur l'ensemble des sous-scénarios, ainsi que les sur-aléas ([voir partie 3.2.4.4](#)).

L'étude d'aléa est l'opportunité d'un partage de connaissances (inondations historiques, données de terrain, expertise locale, etc.) entre les différents acteurs (État, collectivités, mais aussi bureaux d'études, référents scientifiques et population). Les échanges qui en résultent participent à la définition de l'aléa d'inondation sur le territoire, avec ses hypothèses et ses incertitudes. Ces échanges sont indispensables pour faire progresser le point de vue de l'ensemble des personnes impliquées et pour une bonne compréhension du risque par chacun des acteurs.

Les premières réflexions de l'étude d'aléa sont généralement menées par les services de la DDT(M)/D(R)EAL, éventuellement appuyés par une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) et par différents services techniques de l'État (service de prévision des crues (SPC), etc.). Elles visent à préparer l'élaboration du cahier des charges de l'étude, en recueillant les informations disponibles et en effectuant un premier traitement.

La réalisation d'une étude d'aléa nécessite toutefois des compétences spécifiques (hydrologie, hydrogéomorphologie, modélisations hydrauliques, etc.), ce qui implique le plus souvent le recours à une prestation externe. Le cœur de cette étude est généralement ensuite sous-traité à un bureau d'études dans le cadre d'un marché public. Dans de rares cas présentant une complexité particulière, une AMO peut être envisagée pour ces phases plus techniques. Chacune des étapes, et tout particulièrement celles de la seconde phase, font l'objet d'une validation par le maître d'ouvrage, sur proposition motivée du bureau d'études qui élabore la carte d'aléa.

3.2.2. L'analyse des phénomènes naturels et des éléments anthropiques (phase 1)

3.2.2.1. Le principe

Cette analyse porte sur une approche globale du territoire afin d'obtenir une vision d'ensemble des phénomènes et du fonctionnement du cours d'eau, de ses crues et des structures pouvant affecter les écoulements. **Elle permet de définir le périmètre d'étude, donne les éléments utiles pour caractériser le scénario de référence et les sous-scénarios associés et est un préalable aux modélisations.**

Ce travail s'appuie sur une **analyse bibliographique** et sur une **enquête de terrain**.

3.2.2.1.1. L'analyse bibliographique

Il convient dans un premier temps de constituer une **base documentaire** recueillant autant que possible les informations utiles concernant :

- le **contexte géographique** : localisation et configuration générale des lieux et du bassin versant ;
- le **contexte hydrogéomorphologique** : environnement fluvial, marais, zones d'expansion des crues, conditions de comblement ou d'évolution, vestiges de destruction, nature des fonds, couverture végétale ;
- les **événements historiques** : événements de crue et d'inondation passés et manifestations physiques des phénomènes⁵¹ ;

51. Il peut être utile d'identifier également les conséquences en termes de victimes et de dommages, par exemple pour sensibiliser les élus et le public lors des réunions de présentation des études.

- les **données météo-hydrologiques** : vent, pluie, niveau et hauteur d'eau, vitesse et débits (en distinguant les données observées des valeurs calculées) ;
- les **aménagements existants influençant la dynamique des écoulements** : systèmes d'endiguement, ouvrages hydrauliques, seuils, etc. ;
- les **composantes de l'occupation des sols** : infrastructures pouvant faire obstacles aux écoulements, localisation des bâtiments, types d'espaces pour déterminer les frottements, végétation pouvant engendrer des embâcles, etc. ;
- le **contexte géologique** : nature, saturation et perméabilité des sols (pédologie, nature du substratum, sédimentologie (nature des matériaux, origine, importance, répartition, perméabilité, épaisseur, granulométrie, et mode de transport)).

Cet inventaire peut se faire à partir d'une synthèse bibliographique réalisée en combinant (cf. encadré ci-dessous) :

- les **études techniques et scientifiques** déjà réalisées sur le secteur ;
- les **études historiques** (presse, archives départementales et nationales, études et plans anciens, photographies aériennes, cadastre, etc.) ;
- les **bases de données existantes**.

Ce travail bibliographique, relativement chronophage, est nécessaire pour capitaliser les connaissances existantes. **Il est toutefois à proportionner au regard de la finalité de l'étude.**

Principales sources d'informations potentiellement utiles aux études d'inondation des PPRI

Les études techniques et scientifiques déjà réalisées sur le secteur :

- études des DREAL/DEAL, SPC, services de navigation, agences de l'eau, ONF/SRTM, SIDPC, Météo-France, EDF, syndicat de bassin, établissements publics et bureaux d'études, etc. ;
- études menées dans le cadre de programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI) ;
- atlas des zones inondables (AZI) ;
- dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM) ;
- rapports de retour d'expérience, laisses de crues, documents détenus par les sociétés savantes, etc. ;
- études de dangers des systèmes d'endiguement ;
- cartes élaborées dans le cadre de la directive Inondation ;
- documents techniques, délibérations, documents divers des communes et inter-communes ;
- relevés altimétriques des laisses de crues effectués après une inondation et repères de crues ;
- documents dont dispose le/les SDIS, la mission RDI et l'autorité compétente en matière de GEMAPI pour la gestion des inondations ;
- mémoires universitaires et thèses, articles scientifiques, etc. ;
- documents d'information communale sur les risques majeurs (DICRIM).

Les sources historiques :

- archives nationales, départementales et municipales ;
- archives de la presse locale et régionale, des associations, des passionnés d'histoire locale et éventuellement de témoins d'évènements ;
- cartes anciennes (Cassini, État-Major, etc.) ;
- iconographie : photographies, peintures, cartes postales, etc.

Les données existantes (nationales ou locales) :

- Hydroportail ;
- site des repères de crues (plateforme nationale collaborative gérée par le MTECT)⁵² ;
- portail de données hydrologiques DRIAS-Eau ;
- Géorisques (reconnaisances « CAT-NAT » par exemple) ;
- données des établissements publics ou des bureaux d'études : Météo-France, Cerema, INRAE, BRGM, ONF, etc. ;
- bases de données en *open data* du Géoportail ;
- cartes de l'IGN au 1 : 25 000, cartes géologiques du BRGM, cartes géomorphologiques, etc. ;
- plan parcellaire du cadastre, plans topographiques ;
- photographies aériennes et satellitaires (Géoportail de l'IGN, « remonter dans le temps », systèmes d'information géographique (SIG) régionaux, etc.) ;
- données topographiques et bathymétriques publiques ou réalisées dans le cadre d'études existantes (MNT lidar, levés terrestres, etc.).

La qualité et le niveau d'exhaustivité des données recueillies sont des facteurs importants pour la qualité de l'étude. Les données capitalisées sont mises à disposition du (des) prestataire(s) lors de la passation du marché. Les manques de données à combler par des mesures in situ sont ainsi identifiés.

3.2.2.1.2. L'enquête de terrain

Généralement menée par le bureau d'études, avec l'appui de la DDT(M)/D(R)EAL, et si possible des services techniques des collectivités, cette enquête permet :

- la **visualisation** de la topographie du site, de sa géomorphologie, des obstacles et modifications de terrain présents (terrassements, travaux sur le lit mineur, etc.) ;
- l'identification de **secteurs sensibles** et/ou à enjeux ;
- la recherche d'indices caractéristiques relatifs aux **crues historiques** et d'indices morphologiques montrant des mouvements sédimentaires, afin de localiser certaines limites de zones historiquement inondées ;
- une identification des **aménagements, ouvrages et aménagements hydrauliques** pouvant avoir un impact sur les écoulements dans le bassin versant ;
- le recueil des témoignages de la population, souvent très utiles pour les crues récentes.

Il est utile de mettre à profit l'enquête de terrain pour échanger avec les acteurs de terrain locaux (élus, techniciens de collectivités, membres d'associations, historiens, etc.), leur présence facilitant les mises en relation avec la population riveraine. Ces discussions permettent de recueillir des témoignages complémentaires, et surtout d'apprécier la perception locale de l'aléa d'inondation, ce qui est une dimension importante à considérer lors de toute communication relative à l'étude, tout particulièrement, en phase de restitution des résultats.

3.2.2.2. La caractérisation du secteur d'étude

La **caractérisation du secteur d'étude** consiste principalement à décrire :

- le **cadre géomorphologique** de la plaine alluviale ou de la vallée, ainsi que son **fonctionnement hydraulique et hydro-sédimentaire** ;
- les **conditions climatiques et météorologiques** ;
- les **systèmes d'endiguement**, aménagements hydrauliques et autres structures pouvant affecter les écoulements⁵³.

52. L'élaboration d'un PPRi est une opportunité pour :

- demander au bureau d'études de compléter le recensement des repères et laisses de crues sur les secteurs étudiés, afin de faciliter les études ultérieures ;
- inciter les collectivités à la pose de nouveaux repères matérialisés (ce type d'action peut s'inscrire dans le volet « information préventive » d'un PAPI).

53. Cet inventaire permet de notamment de construire les sous-scénarios de référence et d'identifier les bandes de précaution ([voir parties 3.2.3.2](#) et [3.2.4.3](#)).

3.2.2.2.1. Le fonctionnement hydraulique du territoire

Le bassin versant et le périmètre de l'étude d'aléa

Le périmètre d'analyse est cohérent avec l'emprise et le fonctionnement hydrologique du bassin versant. Il comprend également les zones qui ne sont pas 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 (2° de l'article L. 562-1 du code de l'environnement). Deux configurations de périmètre d'analyse sont possibles :

- il peut être spatialement assimilé au bassin versant, par exemple pour des petits bassins versants, et de ce fait intégrer les ruissellements sur les versants et les écoulements des affluents ;
- il peut être réduit à la plaine alluviale du cours d'eau principal, c'est-à-dire aux zones potentiellement inondables du fond de la vallée (lit majeur). Il englobe alors dans ce cas les franges non inondables (terrasses anciennes, glacis, etc.) et intègre les secteurs inondés par les éventuels phénomènes particuliers aux confluences.

Le bassin versant et les phénomènes à l'origine de l'inondation

La compréhension globale du fonctionnement des cours d'eau, de l'environnement proche, et de leurs zones inondables passe par la connaissance de certains éléments caractéristiques du bassin versant.

Il s'agit :

- des caractéristiques géométriques principales : superficie totale et superficie des sous bassins, pentes, indices de compacité⁵⁴ ;
- du réseau hydrographique ;
- de la climatologie, en particulier les caractéristiques pluviométriques ;
- des facteurs conditionnant l'hydrologie : lithologie, pédologie, occupation des sols, etc. ;
- de l'évolution historique⁵⁵ du secteur d'étude.

Ces caractéristiques permettent de comprendre les processus à l'origine des inondations et notamment :

- les **sources des inondations** du secteur d'étude ;
- les **débits caractéristiques**, des crues d'un cours d'eau et notamment les débits de pointe (analyse hydrologique de chaque cours d'eau) ;
- un **hydrogramme-type** du cours d'eau en crue permettant de rendre compte de la propagation de la crue.

L'analyse de la topographie

La compréhension des phénomènes hydrauliques repose sur une bonne connaissance de la géométrie de la vallée et du bassin versant.

L'approche **hydrogéomorphologique**, présentée en [partie 3.2.4.1.2](#), est utile à cette phase de l'étude, notamment dans la mesure où elle :

- permet de comprendre, de manière homogène, le **fonctionnement hydrologique global** du bassin versant (lithologie, couverture végétale, urbanisation, artificialisation des cours d'eau, etc.), ainsi que la **dynamique fluviale** en crue ;
- donne des clés d'interprétation et de **vérification des données** (hauteurs d'eau en particulier), et aide à la compréhension des limites et à l'estimation des marges d'erreurs des modélisations qui seront réalisées à l'étape 3 ;
- favorise l'identification des **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 ;
- permet de localiser les **levés topographiques** à réaliser en vue de la modélisation hydraulique.

⁵⁴. Cet indice est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface. Il renseigne sur la forme du bassin versant, qui a une influence sur le débit de crue et donc sur l'allure de l'hydrogramme, résultant d'une pluie donnée (voir parties relatives à la construction des hydrogrammes de crue).

⁵⁵. L'époque historique correspond ici le plus souvent aux 100-200 dernières années, mais remonte quelquefois à plusieurs siècles.

Les données topo-bathymétriques

La qualité de l'analyse hydrogéomorphologique et des modélisations hydrauliques numériques dépend largement de la **qualité des données topographiques et bathymétriques** utilisées. Plusieurs types de données topo-bathymétriques peuvent être utiles :

■ **un modèle numérique de terrain (MNT)** décrivant le relief sur toute la zone d'étude. Au défaut de données plus précises disponibles localement, le référentiel à grande échelle de l'IGN (RGE ALTI®) peut être utilisé. Il est successivement mis à jour par le programme national LIDAR HD lancé en 2021. Dans tous les cas, le MNT est à analyser au regard de :

➤ sa précision, qui peut être variable en fonction de la complexité des situations topographiques, notamment sous couvert végétal (interférence dans le relevé des données, la période hivernale étant alors à privilégier). Sur les zones couvertes par LIDAR, un MNT avec une résolution planimétrique supérieure à un mètre⁵⁶ et une précision altimétrique de l'ordre de 10-15 centimètres est généralement disponible. **Attention** : au niveau du lit mineur des cours d'eau, les cotes indiquées par le LIDAR résultent de la triangulation effectuée de part et d'autre des berges et ne sont pas représentatives de la bathymétrie réelle du cours d'eau ;

➤ les dates de réalisation des levés, pour lesquelles il convient d'être très vigilant car des changements hydromorphologiques (crues morphogènes, travaux, etc.) peuvent avoir eu lieu entre temps ;

■ **des levés terrestres** complémentaires (le plus souvent des profils topographiques) sont souvent nécessaires pour combler les lacunes, traiter des surfaces masquées ou peu visibles des levés aériens, ou pour renseigner sur des ouvrages particuliers (ponts, digues, remblais, etc.). Ils sont caractérisés par la densité de points, l'espacement des lignes de levés, leur précision⁵⁷ et éventuellement par des points particuliers du site. Ces levés peuvent notamment porter sur :

- des profils en travers, qui identifient les points hauts et bas des talus sur chaque tronçon homogène ;
- des profils longitudinaux des crêtes (topographie naturelles et ouvrages de protection) ;
- des profils longitudinaux des cours d'eau ;
- etc. ;

■ **des données bathymétriques** réalisées perpendiculairement à l'axe du cours d'eau sont souvent nécessaires pour construire le modèle. Une distance inter-profil de l'ordre de 5 à 10 largeurs de rivière est usuellement préconisé, cet espacement étant à adapter en fonction de la morphologie du cours d'eau, de ses éventuelles singularités et des enjeux en présence. Elles sont notamment resserrées autour de points particuliers (ponts, seuils, diminution de la section d'écoulement, élargissement de la zone d'expansion, etc.). Une attention particulière est portée à l'interpolation des données quand les levés sont réalisés par profil. Les levés bathymétriques surfaciques (réalisés grâce à des sondeurs multi-faisceaux par exemple) sont de plus en plus employés dans le cadre de modèles numériques 2D. Il est recommandé d'analyser les données bathymétriques et les dates de levés de manière rigoureuse. En effet, la bathymétrie évolue au cours du temps, en fonction des conditions hydrologiques et de certains événements ;

■ **toute mesure existante récente** peut également être utilisée, après une validation de sa qualité au regard des objectifs recherchés, pour confronter les études et combler les lacunes : profils longitudinaux de cours d'eau ou levés topographiques d'ouvrages (routes, ouvrages hydrauliques, ponts, etc.).

3.2.2.2.2. L'analyse pluviométrique

La pluviométrie sur l'ensemble du bassin versant conditionne largement les inondations par débordement de cours d'eau. L'analyse statistique des données pluviométriques et hydrométriques aide à la **quantification des débits de pointe et des volumes écoulés pour différentes périodes de retour**, mais également à la **définition des saisons propices aux crues et des régimes de crues** auquel est soumis le cours d'eau⁵⁸.

56. La résolution planimétrique correspond à l'écart entre deux points voisins dans le plan horizontal.

57. Planimétrique (en x, y) et altimétrique (en z).

58. Les données pluviométriques et hydrométriques se présentent généralement sous forme de chroniques, c'est-à-dire sous forme de séquences temporelles sur plusieurs années (idéalement plusieurs dizaines d'années). L'analyse de ces chroniques consiste à appliquer des méthodes statistiques pour comprendre et tirer des conclusions de ces données. Il s'agit notamment d'étudier leurs distributions (pour appréhender la probabilité d'occurrence de différents événements) ou leurs variabilités (par exemple pour identifier des tendances).

L'analyse pluviométrique s'appuie sur :

- des études existantes à finalité hydro-météorologique et hydraulique relatives au bassin versant ;
- des données quantitatives disponibles concernant la pluviométrie, en particulier les intensités pluviométriques maximales enregistrées dans le secteur par des stations des réseaux de mesure⁵⁹.

Divers produits pluviométriques sont disponibles ([données Safran](#)⁶⁰, [COMEPHORE](#)⁶¹, [SHYREG pluie](#)⁶², [lames d'eau ANTILOPE](#)⁶³, etc.). Météo-France met à disposition des produits d'observation ou expertisés via le portail [data.gouv.fr](#)⁶⁴.

L'exploitation de ces données dépend du type d'inondation :

- **pour les inondations lentes ou inondations de plaine**, l'information pluviométrique au pas journalier est généralement suffisante⁶⁵. Elle peut être éventuellement complétée par une analyse de la pluviométrie sur des périodes plus longues (plusieurs jours à plusieurs semaines) pour tester l'impact des événements « en chaîne » ;
- **pour les inondations rapides**, il est toujours utile de disposer d'informations au pas journalier, 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 versant (en général de 1 h à 12 h).

Dans les zones de confluence, des méthodes spécifiques sont à mettre en œuvre afin de définir dans quelle mesure des crues peuvent être concomitantes. Ces méthodes intègrent généralement une analyse pluviométrique visant à définir des familles d'événements hydrologiques liées à un même type d'événement météorologique (voir partie 3.2.3.1.5.).

3.2.2.2.3. L'analyse hydrologique

L'analyse hydrologique consiste à déterminer les débits et les hydrogrammes caractéristiques d'un cours d'eau, notamment par le recensement des caractéristiques des crues historiques. Le choix et la caractérisation du scénario de référence s'appuient largement sur cette analyse.

De nombreuses données hydrométriques et hydrologiques sont disponibles via l'[Hydroportail](#)⁶⁶, qui est le site de référence en France pour les données publiques relatives à la hauteur et au débit des cours d'eau (données historiques et en temps réel). Les données hydrométriques sont présentées sous forme de tableaux, de graphiques ou de cartes. Le système de cartographie permet d'afficher les stations souhaitées, d'avoir les données à différentes échelles (bassin versant, département, etc.), et de visualiser l'état hydrologique des différents cours d'eau en temps réel ou dans le passé. **L'Hydroportail permet également la consultation et le téléchargement de données statistiques sur les débits** (fréquence de retour des événements hydrologiques, etc.).

Certaines données peuvent avoir été obtenues et compilées par ailleurs, au cours d'études antérieures. Ces résultats sont préalablement rassemblés par le service instructeur, puis complétés si nécessaire par le bureau d'études. Une analyse critique des études existantes est toujours nécessaire afin de préciser dans quelle mesure ces données peuvent être traitées directement (une actualisation peut par exemple être nécessaire en cas de crue importante survenue postérieurement à l'étude).

3.2.2.2.4. Les systèmes d'endiguement, aménagements hydrauliques et autres structures affectant les écoulements

Tous les ouvrages et les infrastructures pouvant affecter de manière significative la propagation ou les caractéristiques de l'inondation⁶⁷ sont systématiquement recensés et caractérisés, au besoin avec l'appui de leur gestionnaire, au regard de :

- leur localisation (dans le lit majeur ou mineur) et leur géométrie ;

⁵⁹. Si le maillage des stations de mesures pluviométriques est insuffisant sur le secteur, l'analyse peut s'appuyer sur des mesures provenant de stations situées sur des bassins versants proches et comparables (région climatique, altitude, etc.).

⁶⁰. <https://publitheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp>

⁶¹. COMEPHORE : COmbinaison en vue de la Meilleure Estimation de la Précipitation HOraIRE

⁶². <https://shyreg.recover.inrae.fr/>

⁶³. ANTILOPE : analyse par spatialisation horaire des précipitations. La lame d'eau ANTILOPE fusionne les données radar et les données de pluviomètres.

⁶⁴. Historiquement, différentes données étaient disponibles sur les portails « données publiques » ([www.donneespubliques.meteofrance.fr](#)) et pluies extrêmes en France métropolitaine et outre-mer (<http://pluiesextremes.meteo.fr>).

⁶⁵. Cette information n'est pas utilisée pour modéliser la relation pluie-débit.

⁶⁶. www.hydro.eaufrance.fr

⁶⁷. Par exemple en diminuant la section d'écoulement ou l'extension des champs d'expansion des crues.

- leur niveau de protection (pour les ouvrages de protection contre les inondations) ;
- leurs fonctions et impacts hydrauliques et éventuellement sédimentaires ;
- leur structure ;
- leur principaux modes de défaillances ;
- leur historique : date d'implantation, évolutions et dégâts subis.

La plupart de ces structures sont soumises à autorisation ou à déclaration et sont classées selon la nomenclature des installations, ouvrages, travaux, et activités (IOTA) (titre III de l'article R. 214-1 du code de l'environnement) en différentes rubriques. Les principales rubriques concernées sont :

- **la rubrique 3.1.1.0. Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur⁶⁸ d'un cours d'eau**, qui rassemble des structures de nature variée : barrages de navigation, retenues d'eau, écluses, épis, ponts, buses, etc. ;
- **la rubrique 3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur⁶⁹ d'un cours d'eau et surface soustraite⁷⁰ associée**, qui correspond à des éléments de natures très diverses : remblais, merlons, infrastructures de transports (routes et autoroutes, voies ferrées, etc.) ;
- **la rubrique 3.2.5.0. Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R. 214-112 ;**
- **la rubrique 3.2.6.0. Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions.** Il s'agit :
 - de **systèmes d'endiguement** au sens de l'article R. 562-13 du code de l'environnement ([voir partie 3.2.3.2.2.](#)),
 - **d'aménagements hydrauliques** au sens de l'article R. 562-18 du code de l'environnement.

La prise en compte de ces différents ouvrages dans le cadre de l'élaboration de la carte de l'aléa de référence, et notamment la manière d'intégrer leurs défaillances y compris pour les systèmes d'endiguement, est précisée [en partie 3.2.3.2.](#)

3.2.2.3. L'analyse historique

3.2.2.3.1. Les objectifs de l'analyse historique

Une analyse chronologique succincte de l'évolution du territoire d'étude et de ses évènements marquants permet d'apporter des éléments de compréhension complémentaires sur la genèse et la propagation des crues, et sur leurs conséquences vis-à-vis des personnes et des biens.

Cette analyse permet par ailleurs d'identifier des éléments utiles à la définition de l'évènement de référence (en augmentant la série statistique des données pluviométriques ou débitométriques afin de consolider l'évaluation de la période de retour des crues) et/ou au calage et à la validation des modèles hydrauliques.

Au-delà de son intérêt technique, cette analyse présente également des avantages pédagogiques, dans la mesure où elle :

- ravive la mémoire collective, en rappelant que des inondations importantes se sont déjà produites ;
- permet la justification de certaines hypothèses retenues pour l'élaboration du PPRi, notamment celles relatives au choix de l'évènement de référence ou aux ruptures d'ouvrages si certaines ont eu lieu dans le passé ;
- permet d'expliquer les choix d'aménagement et les éventuels travaux de protection effectués par le passé.

68. Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement.

69. Le lit majeur du cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure.

70. La surface soustraite est la surface soustraite à l'expansion des crues du fait de l'existence de l'installation ou ouvrage, y compris la surface occupée par l'installation, l'ouvrage ou le remblai dans le lit majeur.

3.2.2.3.2. Le contenu de l'analyse historique

L'analyse historique porte principalement sur :

- **l'évolution générale du secteur d'étude au cours du temps**, et en particulier l'évolution de l'hydro-géomorphologie du cours d'eau, comme les modifications de l'emplacement du lit mineur et l'évolution de ses méandres, l'évolution du caractère perché ou non des lits, les changements du réseau hydrographique, les rescindements⁷¹, la construction de grands ouvrages susceptibles de modifier le régime des crues⁷², l'implantation d'ouvrages et d'aménagements hydrauliques (remblais et autres structures) pouvant affecter les écoulements, l'engravement ou le creusement du cours d'eau, etc. ;
- **l'identification des évènements marquants de crue et d'inondation**, sous forme d'inventaire des évènements historiques, des dommages et laisses de crues associées, permet de retrouver certaines caractéristiques des inondations passées, en particulier la valeur de leurs principaux paramètres physiques (maxima des hauteurs d'eau et/ou des débits) et leur extension spatiale ;
- **l'évolution de l'occupation des sols**, afin de replacer les crues passées dans leur contexte et ne pas interpréter de manière erronée les données collectées (hydrogrammes, repères de crue, dommages, etc.). La modification de l'occupation des sols (anthropisation, imperméabilisation, défrichement, couvert végétal, déprise agricole, reforestation, changement de culture, etc.) peut notamment être à prendre en compte lors du calage des modèles hydrauliques, par exemple lors des réflexions relatives aux coefficients de frottement. Les grandes évolutions du secteur d'étude sont ainsi à identifier, depuis les noyaux urbains historiques jusqu'aux développements récents.

3.2.2.3.3. Les méthodes d'analyse historique

L'analyse historique repose principalement sur l'étude d'archives, constituées de tous types de documents, anciens ou récents (écrits, cartographie, iconographie, photographies, etc.), susceptibles d'apporter des éléments d'informations recherchés.

L'analyse historique vise à couvrir une période d'au moins 100 ans⁷³.

Les données à étudier, quantitatives et qualitatives, peuvent provenir :

- **de données d'observation :**
 - issues de stations de mesures hydrométriques (chroniques et mesures ponctuelles),
 - indices de crues historiques significatives :
 - mesures hydrométriques ou limnimétriques,
 - laisses de crue et repères de crue : indicateurs indispensables pour connaître les hauteurs de l'eau des zones inondées, bancarisés dans la plateforme nationale collaborative des sites et repères de crues⁷⁴,
 - indications indirectes : niveaux des planchers et des ouvertures, escaliers d'accès, etc. ;
- **des descriptions et retours d'expérience de crues historiques connues :** dates, débits maximum, hydrogrammes, hauteurs d'eau et périodes de retour associées, délimitation des zones inondées sous forme cartographique, dégâts enregistrés (conséquences humaines et physiques : coupure de réseaux, dégâts, dommages, victimes, etc.), défaillances d'ouvrages, etc.

3.2.2.4. La synthèse du fonctionnement du bassin versant

L'analyse du fonctionnement hydraulique et des évènements historiques permet de faire émerger une caractérisation synthétique du secteur d'étude. Cette synthèse préparatoire regroupe des informations utiles pour les étapes suivantes, notamment :

- le périmètre de l'étude de l'aléa, incluant les secteurs qui ne sont pas directement exposés à l'inondation mais où certains aménagements ou activités pourraient aggraver l'aléa ;
- les principaux débordements : facteurs déclenchants, points d'entrée et cheminements privilégiés ;
- les évènements historiques susceptibles d'être considérés pour l'aléa de référence, et ceux utiles au calage de modèles ;

71. Technique employée en génie fluvial pour atténuer les courbes d'une rivière naturelle trop sinueuse afin de faciliter la navigation des convois.

72. Les endiguements ou les recalibrages en amont d'un cours d'eau peuvent avoir supprimé ou fortement réduit le laminage, au préjudice de l'aval.

73. Certains évènements récents de grande envergure ont mis en évidence l'intérêt d'élargir si possible cette période.

74. <https://www.reperesdecruces.developpement-durable.gouv.fr/>

- les systèmes d'endiguement et autres structures impactant les écoulements ;
- certains éléments spécifiques : bras morts pouvant être réactivés au moment d'une crue, obstacles susceptibles de provoquer une surélévation de l'eau en amont, éventuels secteurs d'érosion et de dépôt, zones de déplacement potentiel du lit mineur, sites privilégiés de formation d'embâcles, etc.

Ces informations peuvent utilement être présentées sous forme cartographique localisant les zones historiquement inondées, les principaux dégâts historiques sur les ouvrages, les PHEC (plus hautes eaux connues), les systèmes d'endiguement et ouvrages impactant les écoulements, etc.

Des informations complémentaires peuvent être annexées. Il peut s'agir par exemple de photographies (campagnes aériennes, satellitaires, et/ou prises au sol), de fiches de relevés de laisses de crues significatives, ou de documents synthétisant les impacts des événements majeurs survenus (issus du travail des EPRI par exemple).

Certains éléments de cette synthèse ont vocation à être intégrés au rapport de présentation du PPRi.

3.2.3. La détermination des scénarios à étudier (phase 2)

3.2.3.1. La caractérisation du scénario de référence

3.2.3.1.1. Le principe général

L'aléa de référence d'un PPRi est déterminé à partir de l'évènement le plus important connu et documenté, ou d'un évènement théorique de fréquence centennale, si ce dernier est plus important (article R. 562-11-3 du code de l'environnement).

Il est donc nécessaire de recenser, pour chaque tronçon et affluents, les événements historiques documentés et d'en évaluer « l'importance ».

Lorsqu'il est possible de caractériser un (ou plusieurs) évènement(s) historique(s) de fréquence au moins centennale, le plus important évènement de ce type est transcrit sous forme de « scénario de référence », qui décrit le type d'évènement dont le PPRi cherche à prévenir les conséquences (notion développée dans l'encart ci-après)⁷⁵.

Lorsque cela n'est pas possible, le scénario de référence est déterminé à partir d'un évènement théorique d'occurrence centennale, à construire.

« Évènement » et « scénario de référence »

Afin d'éviter d'éventuelles confusions, il est proposé dans le présent guide de distinguer les notions d'« évènement » du code de l'environnement et de « scénario de référence du PPRi », qui ont des significations proches mais qui présentent quelques différences.

Un « évènement connu et documenté » fait référence à un épisode historique qui s'est réellement produit et qui est décrit par des observations (plus ou moins convergentes). Il s'agit par exemple de « la crue de la Seine de 1910 ».

Un « évènement théorique de fréquence centennale » est un évènement pouvant se produire, mais qui ne correspond pas directement à un évènement historique documenté.

Le « scénario de référence du PPRi » qui découle d'un évènement (historique ou théorique) est la représentation de cet évènement retenue pour élaborer la carte d'aléa de référence du PPRi. Ce scénario intègre des hypothèses sur les conditions hydrauliques (choix d'hydrogrammes en différents points du territoire d'étude), qui peuvent s'appuyer sur la combinaison de plusieurs évènements, par exemple pour le cours d'eau principal et pour les affluents. C'est un scénario dans la mesure où il correspond à une transcription d'un (ou plusieurs) évènement(s) qui peut légitimement s'écarter de la réalité historique.

La description du contenu d'un scénario de référence est présentée [en partie 3.2.3.1.7](#).

75. Dans ce cas, le scénario de référence du PPRi peut correspondre à une crue plus rare que la crue centennale.

3.2.3.1.2. Qu'est-ce que « l'importance d'une crue » ?

« **L'importance d'une crue** », ou « magnitude de la crue », traduit une première approximation de son ampleur globale⁷⁶. Elle est généralement⁷⁷ évaluée par une **valeur numérique unique** à l'échelle de la crue, directement associée à la probabilité d'occurrence de cette crue.

Cette valeur est celle d'une variable physique mesurable ayant une importance prépondérante sur les conséquences de la crue. Dans le cadre d'un PPRi de débordement de cours d'eau non torrentiel, **l'importance de l'évènement est souvent⁷⁸ évaluée au regard du débit liquide de pointe en un point de référence⁷⁹** (ou parfois au regard des volumes liquides⁸⁰ en jeu durant l'évènement sur les cours d'eau jaugés).

La **probabilité d'occurrence** d'une crue est la probabilité que la magnitude de cette crue soit atteinte ou dépassée dans une année. L'inverse de la probabilité d'occurrence d'une crue est la « **période de retour de la crue** » et correspond à la durée moyenne⁸¹ entre deux crues d'au moins cette magnitude. Les crues centennales sont par exemple les crues dont la période de retour vaut 100 ans.

La probabilité d'occurrence d'une crue et, par suite, la période de retour, n'ont pas de valeur prédictive et s'appréhendent uniquement de manière statistique. Deux crues centennales peuvent en effet se produire une même année, ou peuvent être espacées de plusieurs siècles. Le tableau ci-dessous donne une lecture de ces notions⁸².

	Sur 1 an	Sur 30 ans	Sur 100 ans
Crue décennale	10 %	96 %	99,997 %
Crue trentennale	3 %	64 %	97 %
Crue cinquantennale	2 %	45 %	87 %
Crue centennale⁸³	1 %	26 %	63 %
Crue millénaire	0,1 %	3 %	10 %

Tableau 3 : probabilité qu'une crue de fréquence donnée se produise ou soit dépassée au moins une fois sur une période donnée.

3.2.3.1.3. La détermination du débit de pointe de référence

La détermination de débits de pointe centennaux

L'analyse des distributions statistiques des données hydrométriques (et parfois pluviométriques) disponibles permet de quantifier les débits de pointe et volumes écoulés pour différentes périodes de retour.

Les débits de pointe centennaux peuvent être déterminés de plusieurs manières, décrites ci-après, en fonction des données disponibles. Les incertitudes des résultats sont fortement liées aux périodes d'observation et diminuent avec l'allongement des chroniques. Les résultats sont accompagnés d'un intervalle de confiance.

76. Cette notion ne doit pas être confondue avec l'intensité de l'aléa, qui est une notion locale : l'intensité change potentiellement en chaque point potentiellement submergé, la magnitude est unique pour décrire la crue d'un cours d'eau.

77. Sur certains territoires, notamment lorsque le PPRi traite plusieurs cours d'eau majeurs, l'importance globale d'un évènement peut être décrite plus finement avec quelques valeurs caractéristiques des grands secteurs d'étude (par exemple la magnitude relative à chacun des principaux cours d'eau étudiés).

78. D'autres variables peuvent être envisagées (hauteur du niveau d'eau – la relation entre le débit et la hauteur dépend de la saison, de la végétation, etc. -, temps de montée / durée de la crue, débits solides, concentration solide, volume de matériaux transportés, etc.) mais sont généralement moins adaptées pour des cours d'eau non torrentiels.

79. Le débit de pointe est en effet un indicateur clairement défini, globalement représentatif du potentiel de destruction d'une crue, et présentant l'avantage de pouvoir être expliqué de manière simple. Le point de référence peut être par exemple localisé à la hauteur d'une station hydrométrique existante.

80. Une crue définie par les volumes liquides en jeu durant l'évènement peut alors se décliner en différents hydrogrammes, et ainsi amener à considérer plusieurs scénarios de référence.

81. Calculée sur une très longue durée.

82. La probabilité qu'un évènement de période de retour T se produise ou soit dépassé sur une durée de N années est définie par la formule $p(T,N)=1-(1-1/T)^N$.

83. Ainsi, une crue centennale a une probabilité d'environ 1 sur 4 de survenir en 30 ans, et d'environ 2 sur 3 de survenir sur 100 ans.

Calcul du débit de pointe centennal d'un cours d'eau jaugé⁸⁴

Les stations de jaugeage sont un outil privilégié pour caractériser les crues, car le débit y est estimé en temps réel. De nombreuses données sont disponibles depuis 2022 sur le site de l'Hydroportail. Les débits caractéristiques de crue, de fréquence décennale et supérieure, et leurs intervalles de confiance à 95 % sont calculés à partir d'ajustements statistiques⁸⁵ (lois de Gumbel, loi log-normale, etc.).

Une évaluation de la qualité des données aux stations hydrométriques est nécessaire⁸⁶. Elle est effectuée au regard de :

- la durée et l'homogénéité de la chronique de mesures ;
- la méthode utilisée (mesure, calcul ou restitution) ;
- la validité des courbes de tarage (relation univoque entre hauteur et débit) : la courbe de tarage est susceptible de varier dans le temps. Elle est donc régulièrement contrôlée. Des courbes de tarage successives sont ainsi établies et applicables à des périodes différentes⁸⁷ ;
- la méthode utilisée pour le comblement de lacunes et la reconstitution ;
- la méthode d'ajustement statistique utilisée ;
- l'influence des ouvrages (systèmes d'endiguement, prises d'eau, canaux, siphons, barrages, etc.).

Afin d'évaluer au mieux la qualité des données, il est recommandé de se mettre en lien avec l'unité d'hydrométrie⁸⁸ (UH) en charge du secteur.

Les ajustements statistiques conduisant à la détermination des périodes de retour sont d'autant moins fiables que les chroniques utilisées sont courtes. Les séries de données sont souvent trop courtes pour évaluer correctement le débit centennal⁸⁹. Ainsi, la confrontation de l'ajustement statistique hydrométrique avec d'autres méthodes permet d'améliorer la validité de l'estimation du débit centennal.

Calcul de débit de pointe centennal d'un cours d'eau non jaugé

Dans le cas d'un bassin non jaugé ou d'un historique insuffisant (échantillon statistique trop restreint), l'estimation du débit de pointe d'une crue centennale repose sur d'autres méthodes le plus souvent empiriques (qui sont à manier avec précaution) :

les méthodes basées sur la transformation d'une pluie en débit

Il n'est pas toujours possible d'identifier le débit de pointe centennal à partir des seules données de débit disponibles ou reconstituées. Dans ce cas, une analyse statistique des données pluviométriques des stations météorologiques sur le bassin d'étude, et notamment des pluies caractéristiques décrites par leur période de retour, durée et intensité, peut permettre l'identification des pluies susceptibles de provoquer les inondations les plus importantes sur le territoire étudié. L'utilisation d'un modèle pluie-débit permet ensuite d'évaluer le débit de pointe centennal⁹⁰.

➔ Méthode du Gradex

La méthode du Gradex vise à calculer les débits de crues de période de retour supérieure ou égale à cent ans. Son principe repose sur le fait qu'au-delà d'un certain cumul, toute pluie tombée contribue directement à l'hydrogramme de crue, du fait de la saturation des sols et sous l'hypothèse qu'au-delà d'un certain seuil, les débits évoluent proportionnellement aux cumuls de pluie. Cette méthode part donc des débits de période de retour relativement fréquents, et permet par extrapolation d'estimer des débits pour des périodes plus rares.

84. Le jaugeage qualifie et regroupe l'ensemble des opérations ayant pour but de déterminer le débit d'un cours d'eau en fonction de la hauteur d'eau dans le lit mineur.

85. Les méthodes d'ajustement statistique permettent d'estimer des périodes de retour.

86. Certaines sources de données pouvant localement sous-évaluer les débits de période de retour « rares ».

87. Les courbes de tarage peuvent être utilisées en condition limite aval d'une simulation en régime transitoire.

88. Les unités d'hydrométrie (UH) sont chargées de l'installation et de l'entretien des dispositifs de mesure hydrométriques. Elles réalisent également les mesures directes de débits (jaugeages), critiquent les données et alimentent la banque de données sur l'eau (Hydroportail). Comme les services de prévision des crues, elles sont basées dans les D(R)EAL.

89. Il est usuellement considéré qu'une période d'au moins 20 à 50 ans de mesure est nécessaire pour envisager une estimation du débit centennal.

90. Les pluies sont indépendantes de la structure du bassin. Les débits, quant à eux, dépendent non seulement des pluies mais aussi du bassin et de son état susceptible de varier (saisonnalité, tendance à long terme, etc.).

➔ Méthode SHYREG

La méthode SHYREG (simulation d'hydrogrammes pour la prédétermination des crues régionalisées) est développée par l'INRAE pour l'estimation régionale des débits de crue. Il s'agit d'une version régionalisée de la méthode SHYPRE (simulation d'hydrogrammes pour la prédétermination des crues). Cette méthode intègre un générateur aléatoire de pluies horaires qui permet de produire des chroniques de pluies sur des dizaines de milliers d'années, et d'extraire des événements de pluie relatifs à une large gamme de périodes de retour (de 2 à 1 000 ans). Les hydrogrammes de crues correspondants peuvent ensuite être déduits à partir d'un modèle pluie-débit. De ces chroniques de crues sont déduits les quantiles de débit de différentes durées et de différentes fréquences pour de nombreux bassins versants non jaugés.

L'application de cette méthode sur l'ensemble du territoire national a permis d'élaborer une base de données libre d'accès sur l'ensemble du réseau hydrographique⁹¹.

➔ Méthode Schadex

La méthode Schadex (Simulation climato-Hydrologique pour l'appréciation des débits extrêmes) a été développée par EDF en combinant les idées des deux approches précédentes pour estimer les quantiles extrêmes de débits. Elle repose sur un procédé de simulation stochastique qui combine un modèle probabiliste de pluie et un modèle hydrologique pluie-débit. Il s'agit de la méthode de référence pour le calcul de la crue de projet servant au dimensionnement des évacuateurs des barrages d'EDF.

Les méthodes plus anciennes et plus simples à utiliser dans les cas ne nécessitant pas d'analyse poussée (petits affluents par exemple)

➔ Formule de Myer : calcul de débit de pointe à partir de bassins jaugés voisins

La formule de Myer permet d'obtenir le débit de crue recherché en fonction du débit de crue connu d'un cours d'eau voisin et des surfaces des différents bassins versants⁹². Cette méthode est préférentiellement utilisée pour les bassins versants supérieurs à 10 km². Elle est basée sur l'exploitation des caractéristiques débitométriques connues de cours d'eau (généralement jaugés) dans des bassins voisins présentant des caractéristiques semblables en termes de morphologie, topographie, occupation du sol, hydrographie, géologie, pluviométrie, etc. Cette formule repose sur l'hypothèse qu'à l'échelle de bassins versants homogènes, les débits spécifiques⁹³ peuvent être considérés comme homogènes.

➔ Méthode rationnelle

La méthode rationnelle permet d'estimer les débits en fonction de caractéristiques générales du bassin (surface, coefficients de ruissellement versant, temps de concentration des écoulements) et de l'intensité de la pluie⁹⁴. Elle est à réserver aux petits bassins versants (d'une superficie inférieure à 1 km²).

Pour aller plus loin : il existe d'autres méthodes, plus ou moins complexes, pour estimer les débits. Ce guide n'a pas vocation à approfondir ces sujets, traités par d'autres ouvrages qui font référence (MEDD, 2007 ; MEDAD, 2007 ; etc.).

Comparaison des débits de pointe centennaux

Différents débits de pointe centennaux du cours d'eau, estimés à partir de plusieurs méthodes (que ce soit dans le cadre de l'élaboration du PPRi ou dans le cadre d'études antérieures) sont ainsi comparés, au regard notamment de la qualité de chacune des méthodes utilisées. Cela permet d'établir la valeur du débit centennal faisant référence dans le cadre du PPRi, et d'évaluer l'intervalle de confiance associé.

91. Shyreg pour les pluies : <https://shyreg.pluie.recover.inrae.fr/> et Shyreg pour les débits : <https://shyreg.recover.inrae.fr/>

92. La formule de Myer est $Q_{Tr} = Q_{Tc} \times (S_r / S_c)^\alpha$ avec Q_{Tr} : débit recherché (de période de retour T) ; Q_{Tc} : débit connu (de période de retour T) ; S_r : surface du bassin versant du cours d'eau dont le débit est recherché ; S_c : surface du bassin versant du cours d'eau dont le débit est connu ; α : coefficient de Myer, généralement compris entre 0 et 1 en fonction de la géologie, du climat, etc.

93. Le débit spécifique (en L/s/km²) est une mesure de l'écoulement moyen des précipitations au sein d'un bassin versant. Il est défini comme le volume d'eau qui s'écoule en moyenne chaque seconde par kilomètre carré du bassin. C'est le rapport du débit du cours d'eau (exprimé en L/s ou m³/s) et de la surface de son bassin versant (exprimée en km²).

94. La formule de base de la méthode rationnelle est : $Qp = Cr \times Ip \times A$, avec Qp : débit de pointe (en m³/s) ; Cr = coefficient de ruissellement moyen du bassin versant (sans unité) ; Ip : intensité de la pluie (en mm/h) (le choix d'une durée de pluie égale au temps de concentration du bassin versant est souvent un choix pertinent, permettant de prendre en compte la mobilisation de toute la surface d'étude sans minimiser l'effet de pointe) ; et A : superficie du bassin versant (en ha). Pour aller plus loin, voir Chocat, 1997.

La détermination du débit de pointe de référence du PPRi

Le débit de pointe centennal est comparé au débit de pointe de l'évènement historique le plus important connu. Le plus fort des deux est retenu pour déterminer le débit de pointe de référence du PPRi et sert de base à la construction de l'hydrogramme du scénario de référence.

3.2.3.1.4. La détermination de l'hydrogramme de crue de référence

Le débit de pointe est utile à la détermination de la période de retour de la crue et à la caractérisation du scénario de référence, mais il ne suffit pas pour étudier finement son évolution car il ne traduit qu'une phase de l'évènement. Une crue exceptionnelle au regard de son débit de pointe peut par exemple s'avérer courante en volume et ne pas retranscrire de manière satisfaisante l'ampleur de la crue recherchée. D'autres grandeurs sont évaluées pour compléter la **description du scénario de référence sous forme d'hydrogrammes de crue, qui seront utilisés en entrée du modèle hydraulique**. Les hydrogrammes sont les graphiques représentant la variation des débits en un point au cours de la crue. Ils sont décrits par les variables clefs ci-dessous :

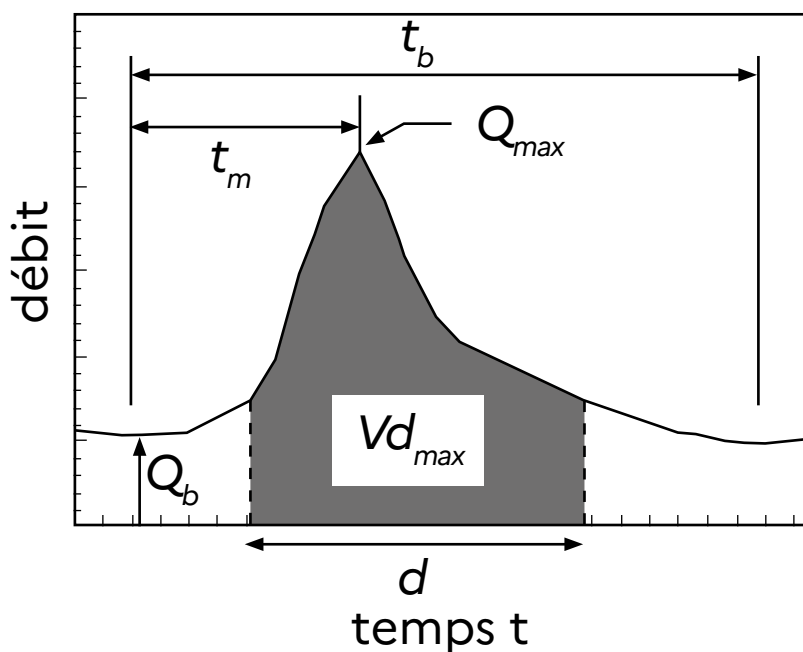


Illustration 13 : exemple d'hydrogramme de crue.

- Q_{max} : débit maximal instantané, ou débit de pointe.
- Q_b : débit de base prévalant dans les moments qui précèdent la crue.
- Vd_{max} : volume maximal généré sur une durée d .
- t_b (temps de base) : durée de l'épisode.
- t_m (temps de montée) : des coefficients de forme conditionnent l'allure de la courbe de concentration et la courbe de récession.

L'analyse historique permet généralement d'identifier les formes types d'hydrogramme représentatives des crues du cours d'eau et de ses affluents, ainsi qu'une première approximation des temps de base et des temps de montée pour la période de retour du PPRi. Ces informations, combinées au débit de pointe de référence déterminé précédemment, permettent de construire les hydrogrammes de référence.

Les hydrogrammes de crue présentent des incertitudes importantes et font l'objet d'une analyse critique. De manière générale, il est recommandé de retenir des hypothèses allant dans le sens de la sécurité.

Par ailleurs, par définition, un hydrogramme de référence caractérise un scénario représentatif d'une crue, mais ne traduit pas la diversité des crues de même période de retour susceptibles de se produire. **Lorsque plusieurs évènements naturels de période de retour comparable, mais aux modes de fonctionnement sensiblement différents et aux conséquences significativement distinctes, peuvent (raisonnablement) survenir, plusieurs hydrogrammes de référence peuvent être construits**. Il est par exemple parfois utile de distinguer un scénario de référence de courte durée mais avec une pointe considérable et un scénario plus lissé de longue durée, présentant un volume liquide global similaire⁹⁵.

95. Dans ce cas, la période de retour est plutôt évaluée sur les volumes totaux, et non les débits de pointe.

Un hydrogramme traduit l'évolution des débits sur un secteur donné (théoriquement, en un point précis, en première approximation, sur un tronçon homogène). Après chaque entrée ou sortie (significative) d'eau, les débits sont caractérisés par un autre hydrogramme intégrant ces évolutions.

Des hydrogrammes de référence sont ainsi à définir en amont du cours d'eau principal et en amont de chaque affluent⁹⁶. Cette étape est indispensable dans l'élaboration de la carte d'aléa de référence, notamment dans la mesure où ces hydrogrammes définissent les conditions limites de modèles numériques.

3.2.3.1.5. Les secteurs de confluence

Tout point du (ou des) cour(s) d'eau dont le PPRi réglemente les débordements est couvert par (au moins) un scénario de période de retour au moins égale à 100 ans⁹⁷.

Cette règle est à la base des réflexions permettant de définir les débits dans les secteurs de confluence.

Au niveau d'une confluence, le débit du tronçon à l'aval dépend des débits des tronçons amont (il est égal, en première approximation, à la somme des débits affluents).

La réflexion en termes de période de retour est plus complexe : un événement de période de retour donnée sur la partie aval ne correspond pas nécessairement à un événement de même période de retour sur les parties amont. La période de retour à l'aval dépend en effet notamment de la concomitance des événements sur chacun des sous-bassins versants amont.

Si les événements correspondant à la période de retour du PPRi sont concomitants sur les deux sous-bassins versants des affluents (c'est notamment le cas si les « événements rares » sur chacun des sous bassins versants résultent des mêmes événements climatiques), un débit correspondant à cette période de retour peut être retenu sur chacun des affluents (voir illustration 14).

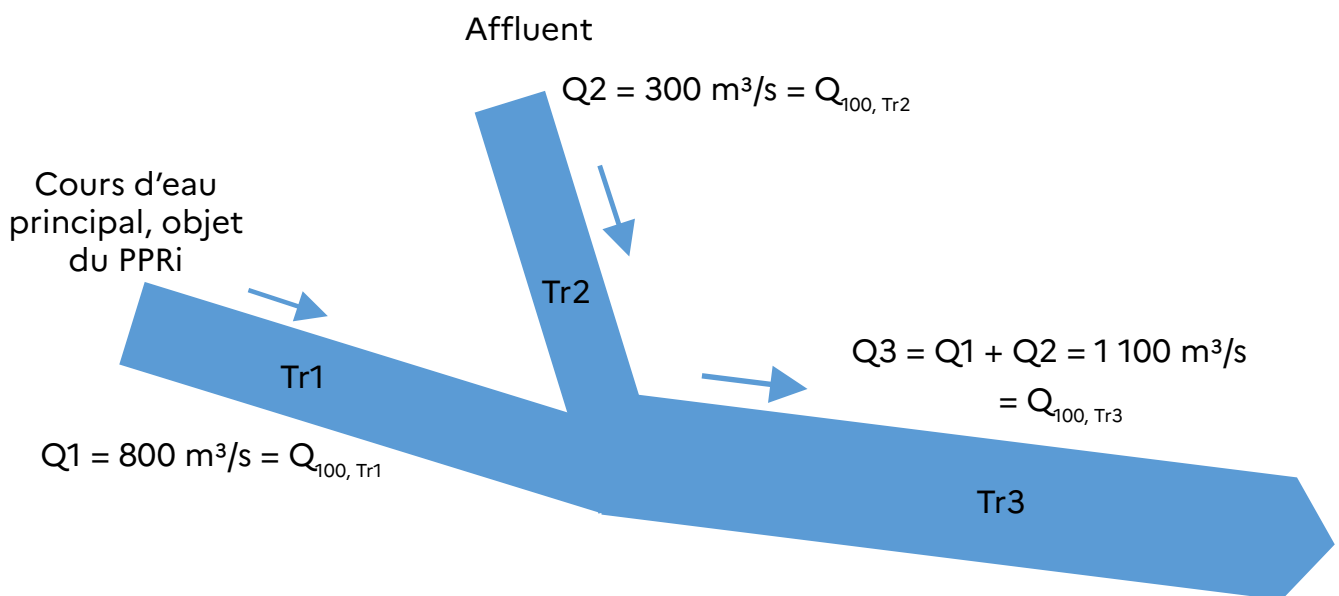


Illustration 14 : exemple d'un cas de concomitance des événements centennaux sur les deux sous bassins.

Dans l'exemple ci-dessus, les événements centennaux⁹⁸ pour les tronçons Tr1 et Tr2 sont concomitants (si un événement centennal se produit sur Tr1, un événement centennal se produit également sur Tr2). La période de retour du débit résultant dans Tr3 est alors également centennale.

⁹⁶. Cette réflexion est également à mener à l'aval, l'hydrologie de la retenue ou du cours d'eau récepteur pouvant être déterminante pour les écoulements dans les parties aval de la zone d'étude.

⁹⁷. Pour rappel : période de retour centennale, ou période de retour d'un événement historique plus important. Il convient de noter que la période de retour de référence du cours d'eau principal peut être différente de la période de retour de référence d'un cours d'eau affluent.

⁹⁸. Dans cet exemple et l'exemple ci-dessous, il est considéré, pour simplifier la lecture, que la période de retour de référence du PPRi est de 100 ans.

Si les évènements correspondant à la période de retour du PPRi ne sont pas concomitants sur les deux sous-bassins versants des affluents, la période de retour en aval est différente des périodes de retour en amont (voir illustrations 15 et 16).

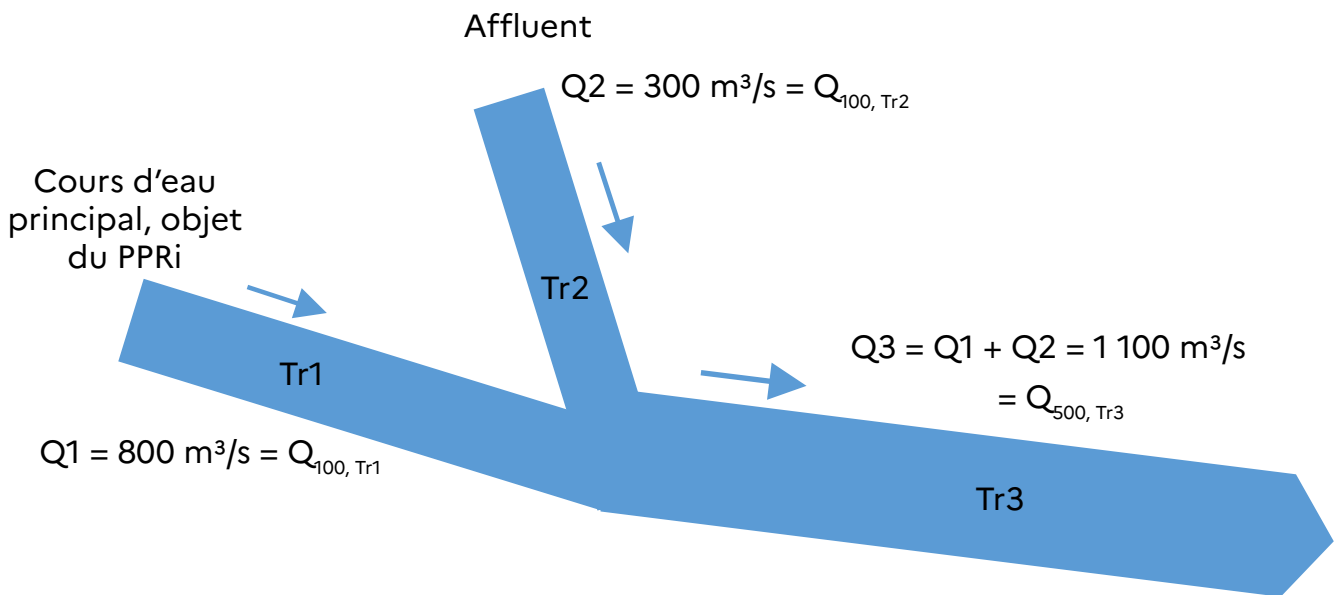


Illustration 15 : exemple d'un cas où les évènements centennaux ne sont pas concomitants entre le cours d'eau principal et l'affluent.

Dans l'exemple ci-dessus, les évènements centennaux pour les tronçons Tr1 et Tr2 ne sont pas concomitants. Cela peut être le cas si les évènements météorologiques à l'origine des crues sur Tr1 sont (relativement) indépendants de ceux à l'origine des crues sur Tr2. La période de retour sur Tr3 en cas de crue centennale sur Tr1 et Tr2 serait alors associée à la probabilité que deux crues centennales, pas ou peu liées entre elles, se produisent simultanément sur chacun des tronçons amont (Tr1 et Tr2). Elle serait alors plus élevée que 100 ans (par exemple 500 ans ici). Il convient donc d'ajuster les hydrogrammes amont (sur Tr1 et Tr2) pour construire l'hydrogramme de référence à l'aval (sur Tr3) de manière à ce que l'évènement sur Tr3 soit centennal (voir illustration 16).

Une étude de sensibilité est alors à réaliser sur différentes combinaisons de débits amont, afin d'obtenir un débit aval résultant cohérent avec la période de retour retenue pour le PPRi.

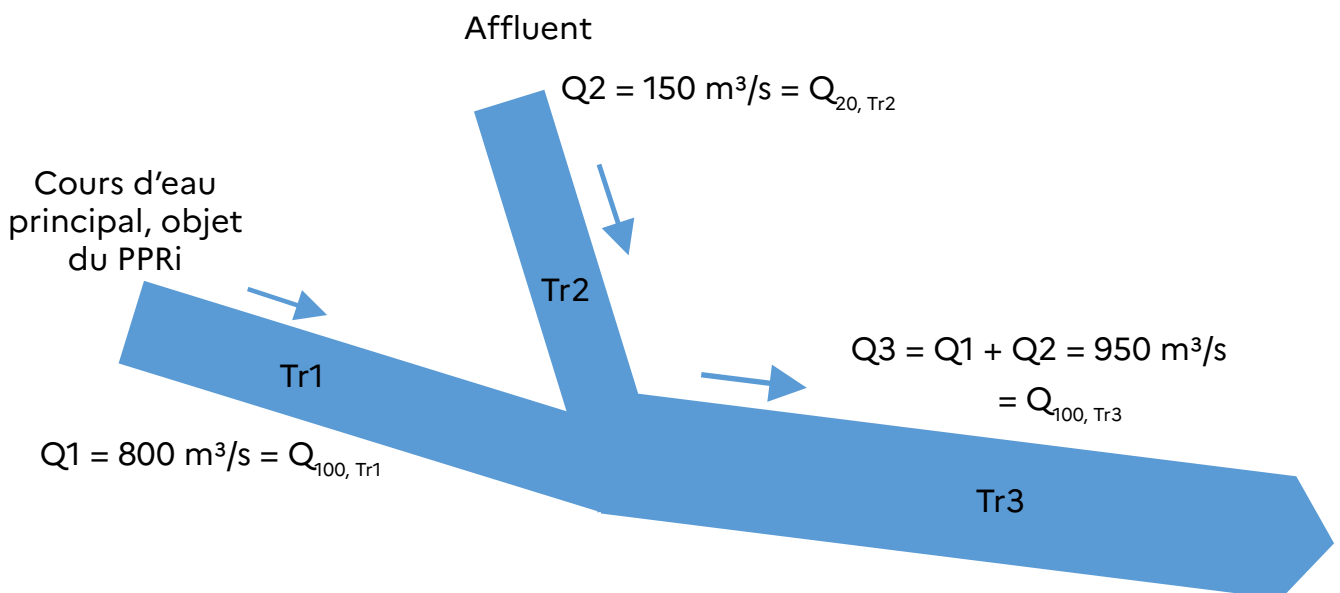


Illustration 16 : exemple d'un cas où les évènements centennaux ne sont pas concomitants entre le cours d'eau principal et l'affluent.

Afin d'obtenir un débit centennal sur le tronçon Tr3 (cours d'eau objet du PPRi), il convient dans l'exemple ci-dessus de retenir un débit centennal sur Tr1, et vicenal sur Tr2⁹⁹.

NB : des configurations dans lesquelles un débit centenal est à considérer sur le tronçon amont de l'affluent (Tr2) et non sur le tronçon amont du cours d'eau principal (Tr1) peuvent être envisagées.

⁹⁹ Si les débordements relatifs à cet affluent ont vocation à être également réglementés par le PPRi, il conviendra de définir par ailleurs un débit de la période de retour du PPRi sur Tr2, et d'étudier les inondations associées.

3.2.3.1.6. La prise en compte des dispositifs de stockage

Les dispositifs de stockage (barrage, retenue d'eau, retenue collinaire, retenue d'étang, etc.) **sont considérés comme transparents pour l'élaboration du scénario de référence dans le cadre d'un PPRi**. Ils ne jouent pas de rôle d'écrêteur de crue, **le débit entrant est égal au débit sortant**.

Il convient d'être vigilant dans ce cas car certaines données historiques peuvent être biaisées par la présence de ces aménagements.

3.2.3.1.7. Synthèse sur la description du scénario de référence

Dans le cas d'une inondation par débordement de cours d'eau (non torrentiel), le scénario de référence est décrit par :

- une **période de retour de référence**, généralement estimée par rapport à un débit de pointe. Cette période correspond à 100 ans, ou à la période de retour d'un événement historique plus important s'il en existe un connu et documenté¹⁰⁰ ;
- un **débit de pointe de référence** à une localisation donnée (par exemple : « *XX m³/s au niveau du pont de XX* »), accompagné des incertitudes associées ;
- des **hydrogrammes de crue** aux points d'intérêt du réseau, et notamment en amont du secteur d'étude pour le cours d'eau objet du PPRi et pour chaque affluent. Dans certains cas, il peut être justifié d'associer plusieurs hydrogrammes de crue à un secteur. Plusieurs scénarios de référence seront alors étudiés pour élaborer la carte d'aléa ;
- des **paramètres secondaires** complètent parfois cette description, s'ils sont susceptibles d'influencer significativement les écoulements : quantité et taille de flottants, concentration solide, etc.

3.2.3.1.8. Les scénarios relatifs à d'autres périodes de retour

L'aléa de référence du PPRi, puis le règlement, se basent sur le (ou les) les scénario(s) de référence décrit(s) précédemment. Seule la caractérisation de l'aléa défini par l'article R. 562-11-3 du code de l'environnement fait l'objet d'une obligation réglementaire dans le cadre du PPRi (voir partie 3.2.3.1.1). La cartographie des aléas pour d'autres occurrences de crues, plus rares ou plus fréquentes, ne fait pas *stricto sensu* partie de la démarche d'élaboration du PPRi.

De telles cartes sont toutefois obligatoires sur les territoires à risque important d'inondation identifiés dans le cadre de la DI (article R. 566-6 du code de l'environnement), et sont particulièrement utiles aux autorités de gestion de crise sur les secteurs les plus à enjeux pour lesquels l'État assure la vigilance aux crues (zones d'inondation potentielles (ZIP), zones inondées par classes de hauteurs d'eau (ZICH), etc.). Elles permettent dans tous les cas d'améliorer la connaissance générale du fonctionnement du bassin versant. L'étude des **crues fréquentes** (par exemple décennales ou trentennales) permet de produire des connaissances utiles à la gestion de crise, notamment pour les missions « référent départemental inondation » (RDI), et d'identifier des secteurs où il peut être envisagé de renforcer les mesures obligatoires sur l'existant dans le règlement du PPRi. L'étude **d'évènements plus rares** permet d'identifier d'éventuels effets de seuil¹⁰¹ et de localiser les zones susceptibles d'être atteintes par des évènements dépassant le scénario de référence du PPRi.

Des échanges avec les différents services de l'État chargés de réaliser des cartes d'inondation sont indispensables pour **identifier l'ensemble des cartes d'inondation existantes, à réaliser ou à mettre à jour sur le territoire d'étude du PPRi**. Ces services sont notamment le service de prévision des crues (SPC), la mission RDI, et le service chargé de la mise en œuvre de la DI. **Il est recommandé d'ajouter, en association avec le (les) service(s) concerné(s)¹⁰², l'élaboration des cartes ainsi identifiées au sein des travaux demandés dans le cahier des charges de l'étude d'aléa du PPRi**. Une fois élaborées, ces cartes peuvent ensuite faire l'objet d'un porter à connaissance.

La réalisation de ces cartes de manière concomitante avec la carte d'aléa du PPRi, présente des bénéfices significatifs :

- une meilleure lisibilité : l'utilisation du même modèle pour cartographier des zones inondables par des périodes de retours différentes permet de disposer de jeux de cartes présentant une cohérence d'ensemble ;

¹⁰⁰. Dans ce cas, la référence à l'évènement historique est intégrée dans la présentation du scénario de référence. S'il s'agit d'un évènement théorique, cela est également précisé, ainsi que les grandes lignes relatives à sa construction.

¹⁰¹. Cela permet de déterminer notamment si une crue légèrement supérieure pourrait être beaucoup plus dévastatrice (par exemple en inondant de nouveaux secteurs à forts enjeux).

¹⁰². Ce (ces) service(s) est (sont) alors associé(s) au pilotage de l'étude.

- une rationalisation de la dépense publique : la mutualisation de différents coûts (par exemple ceux liés à la construction du modèle) permet une économie d'échelle entre les différentes démarches ;
- une limitation et une coordination des démarches, en diminuant le nombre de marchés publics à mettre en place ;
- etc.

De manière générale, des échanges sont également vivement conseillés avec l'ensemble des acteurs de la gestion des inondations (porteurs de PAPI, gestionnaires d'ouvrages, etc.) pour partager au mieux les données et modèles.

3.2.3.1.9. La prise en compte du changement climatique

Au moment de l'élaboration du présent document, les conséquences du changement climatique sur les inondations par débordement restent difficiles à estimer à l'échelle locale d'un PPRi. À la complexité des évolutions attendues pour les pluies, s'ajoute la complexité du comportement du sol. Peu de projections pour des événements de périodes de retour supérieures à quelques décennies sont disponibles.

Les connaissances dans ce domaine évoluent rapidement. Les éventuelles modalités relatives à la prise en compte du changement climatique dans les PPRi seront traitées dans d'autres documents que le présent guide. La direction générale de la prévention des risques (DGPR) prépare l'adaptation des référentiels de la prévention des risques naturels dans le cadre du troisième plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC). Pour ce qui concerne les inondations par débordement de cours d'eau, ce travail s'appuie sur les études du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et celles plus locales d'opérateurs de l'État (Météo-France et Inrae notamment). Il devrait aboutir en 2024 et 2025 à une mise à jour dans la méthodologie d'élaboration de l'aléa de référence des PPRi, et notamment des scénarios de référence, afin de prendre en compte la valeur de la trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) pour 2100, correspondant à un réchauffement de +4° C en métropole.

Dans le cas d'une inondation par débordement de cours d'eau dans un secteur côtier avec une influence aval par la mer, la condition aval doit être majorée pour tenir compte de la remontée moyenne du niveau de la mer du fait du réchauffement climatique, en cohérence avec le décret du 5 juillet 2019.

3.2.3.2. La caractérisation des sous-scénarios

3.2.3.2.1. Pourquoi des sous-scénarios ?

Un même scénario de référence peut se manifester de manière sensiblement différente¹⁰³ en fonction notamment :

- **de la tenue ou de la défaillance des ouvrages de protection contre les inondations** (systèmes d'endiguement et aménagements hydrauliques) ;
- **du comportement des autres ouvrages susceptibles de faire obstacle à l'écoulement** (ponts, ouvrages traversants, etc.). Ces ouvrages ne sont pas des ouvrages de protection, mais ont toutefois un effet hydraulique : celui de contenir ou de faire transiter les écoulements. Des défaillances sont régulièrement observées, par exemple à l'occasion d'embâcles de bois flottant. Ces ouvrages peuvent alors modifier fortement les écoulements en provoquant une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés.

Afin de prendre en compte la variabilité des phénomènes pouvant se produire, et d'intégrer les éventuels effets négatifs associés dans la carte d'aléa, **il est nécessaire d'identifier et d'étudier, pour chaque scénario de référence, plusieurs sous-scénarios représentatifs des différents comportements possibles des éléments du territoire d'étude.**

De manière générale, ces sous-scénarios peuvent être de trois types (la suite de cette partie précise quels sous-scénarios sont à prendre en compte en fonction du type d'ouvrage) :

- **sous-scénario dans lequel les ouvrages existent et leur fonctionnement est nominal.** Ce sous-scénario traduit le fonctionnement « par défaut » ;
- **sous-scénarios avec défaillance des ouvrages (brèches dans les systèmes d'endiguement, obstruction d'ouvrages de franchissement (ponts), etc.).** Ces sous-scénarios traduisent le fait que le bon fonctionnement des ouvrages n'est pas certain ;

¹⁰³. Tant en emprise inondable qu'en hauteur et dynamique d'écoulement, dans le lit mineur et dans le lit majeur.

- **sous-scénario dans lequel l'ouvrage n'existe pas (effacement intégral)**, traduisant le fait que l'existence des ouvrages n'est pas garantie sur le long terme, ou qu'ils peuvent être partiellement ou intégralement détruits pendant un évènement.

Les manifestations de ces différents sous-scénarios sont ensuite regroupées dans une carte de synthèse reprenant sur chaque secteur le niveau d'aléa maximal identifié par les différents sous-scénarios. Cette décomposition en sous-scénarios permet de **tracer le raisonnement** menant à la construction de la carte d'aléa de référence et de justifier de la bonne prise en compte de la variabilité des manifestations potentielles associées à un scénario.

3.2.3.2.2. La prise en compte des obstacles à l'écoulement

Les ouvrages considérés dans cette partie

Cette partie traite de la prise en compte dans la carte d'aléa du PPRi :

- des ouvrages reconnus en **systèmes d'endiguement** au sens de l'article R. 562-13 du code de l'environnement¹⁰⁴. Il peut s'agir d'une ou de plusieurs digues, ainsi que de tout ouvrage nécessaire à son efficacité et à son bon fonctionnement (ouvrages autres que des barrages, dispositifs de régulation des écoulements hydrauliques telles que des vannes et stations de pompage, etc.). Un système d'endiguement peut par ailleurs comporter plusieurs rangs d'ouvrages¹⁰⁵, auquel cas il convient de prendre en compte les **ouvrages de chaque rang** de manière similaire aux ouvrages de premier rang.
- des **ouvrages classés historiquement au titre de l'ancienne rubrique 3.2.6.0 (« digues ») et qui n'ont pas encore été classés en système d'endiguement** (au titre de la nouvelle rubrique), **ni neutralisés** ;
- de manière générale, des **autres installations, ouvrages et remblais linéaires faisant obstacle aux écoulements dans le lit majeur**¹⁰⁶ : merlons, murs d'enceinte, remblais routiers, autoroutier et ferroviaires, ouvrages d'art divers, etc. Ces infrastructures linéaires ne peuvent pas être considérées comme un simple élément topographique naturel, et il convient d'étudier les conséquences potentielles sur les inondations de leurs tenues et de leurs défaillances.

Les défaillances des ouvrages faisant obstacle à l'écoulement

Les crues sont susceptibles de provoquer des dégradations de ces ouvrages pouvant compromettre leur stabilité. Les quatre principaux mécanismes de défaillance structurale sont (illustration 17) :

- **l'érosion de surface par surverse** : le cours d'eau déborde au-dessus de l'ouvrage, et l'érode, ce qui peut conduire, même pour des débits de surverse faibles, à sa ruine complète. Les modalités de rupture dépendent principalement de la vitesse d'écoulement, de la nature du revêtement de l'ouvrage, de la hauteur et de la durée de la surverse. Dans les cas où la surverse génère une brèche, elle entraîne généralement une submersion rapide plus dangereuse que l'inondation qui serait survenue en l'absence d'ouvrage ;
- **l'érosion interne (ou phénomène de « renard hydraulique »)**, favorisée par la présence de défauts (dus par exemple à des terriers, des canalisations, des souches ou des racines) ou de points faibles (sols non résistants à l'érosion interne) dans le remblai ou dans sa fondation. L'eau s'infiltre dans le corps de l'ouvrage le long d'un conduit préférentiel d'écoulement. Lorsque l'écoulement devient traversant, il érode progressivement le corps de l'ouvrage le long de ce conduit ;
- **l'érosion externe correspond à des affouillements de l'ouvrage et de son pied du côté du cours d'eau**. Elle est imputable à la vitesse d'écoulement du cours d'eau, au transport solide et à la nature des protections du talus du côté du cours d'eau (enrochements, etc.) ;
- **le glissement du talus de l'ouvrage**, se traduit par une rupture d'ensemble en cas d'instabilité généralisée souvent due à une fragilité de l'ouvrage.

104. Ces ouvrages relèvent de la rubrique 3.2.6.0. de la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement, précisée dans l'article R. 214-1 du code de l'environnement.

105. Un ouvrage de premier rang est, dans le cadre de ce guide, un ouvrage pouvant être directement mis en charge en cas de crue. Un ouvrage de second rang est un ouvrage susceptible d'être mis en charge à la suite de la défaillance (surverse, brèche, etc.) d'un ouvrage de premier rang. Cette notion se généralise : un ouvrage de rang n est un ouvrage susceptible d'être mis en charge à la suite de la défaillance d'un ouvrage de rang n-1.

106. Ces éléments peuvent relever de [la rubrique 3.2.2](#) de la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration.

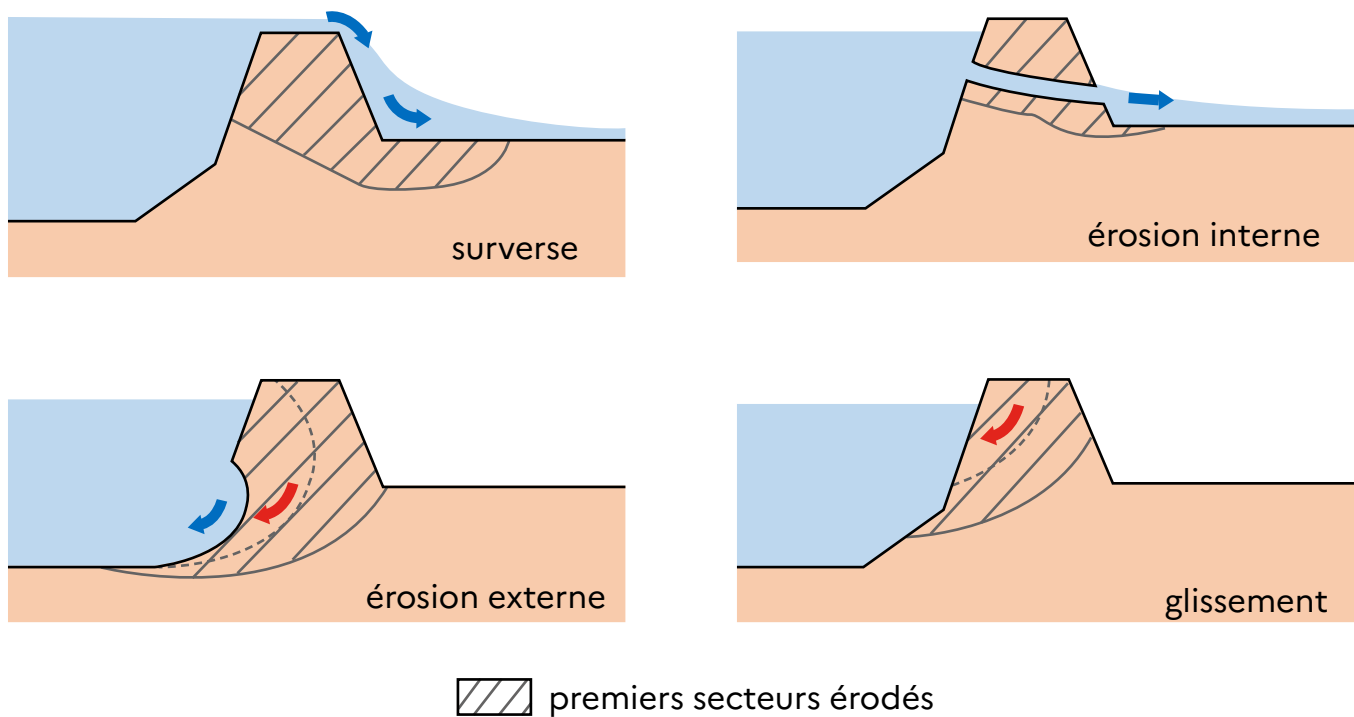


Illustration 17 : les différentes origines de ruptures de digues (source : DGPR/SRNH, d'après schémas du Symbhi)

De surcroît, les retours d'expérience montrent que **la robustesse des ouvrages et, pour ce qui relève des ouvrages intégrés dans un système d'endiguement, la pérennité de leur niveau de protection¹⁰⁷, ne peuvent pas être garantie dans le temps long dans des conditions identiques à celles au moment de l'élaboration du plan**. Cela peut être dû à plusieurs configurations, prévisibles ou non :

- survenue d'un évènement particulièrement important qui fragiliserait ou détruirait l'ouvrage ;
- non entretien, ou mauvais entretien, de l'ouvrage ;
- dans le cas d'un système d'endiguement, choix de l'autorité compétente en matière de GEMAPI de baisser le niveau de protection ;
- évolution de l'aléa de référence (du fait du changement climatique ou de l'évolution de l'hydrogéomorphologie par exemple), entraînant, à ouvrage identique, une augmentation de la probabilité de dépassement ;
- etc.

Les conséquences de la rupture d'un ouvrage faisant obstacle à l'écoulement

La rupture d'un tel ouvrage a plusieurs conséquences :

- **un effet de « vague »**, d'autant plus destructeur que la hauteur d'eau contenue dans le lit « endigué » est élevée et que la mise en charge¹⁰⁸ est importante (exemple de la crue du Gardon du 9 septembre 2002 qui a provoqué plusieurs brèches, responsables de vagues très brutales sur le village où cinq personnes ont péri) ;
- **une concentration des écoulements** entraînant des survitesses et la destruction de la plupart des constructions dans l'axe d'écoulement ;
- **une érosion des sols** observée en aval de la brèche à l'arrière de l'ouvrage, causant également la destruction de la plupart des bâtiments. On parle de « **fosse d'érosion** » (voir illustrations 18 et 19).

107. Les systèmes d'endiguement sont conçus pour protéger une zone contre les inondations jusqu'à un niveau nommé « niveau de protection » (défini à l'article R. 214-119-1 du code de l'environnement).

108. La mise en charge correspond à la différence d'altitude entre la cote d'eau dans le lit mineur et l'altitude du terrain naturel à l'arrière de l'ouvrage.

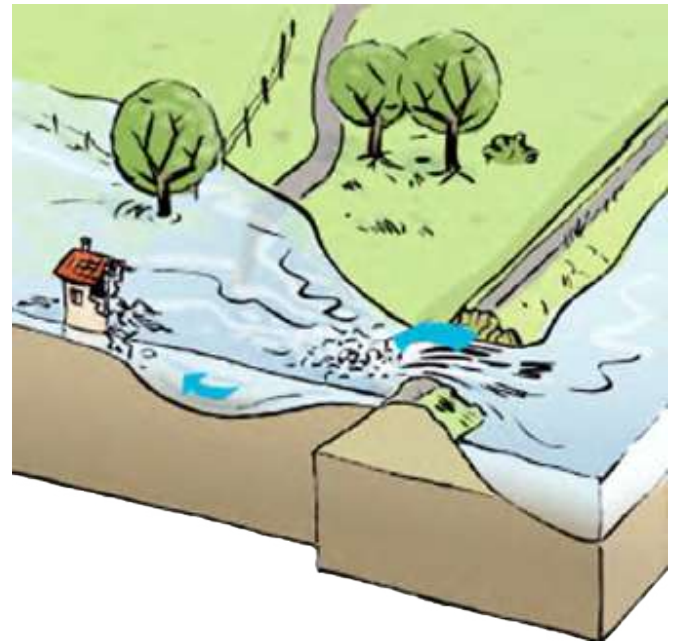


Illustration 18 : rupture de la digue de La Mosson à Maurin (Hérault) en 2002, provoquant des fosses d'érosion et une dynamique très forte pouvant détruire des habitations à l'arrière de la digue (Source : DRE Languedoc-Roussillon).

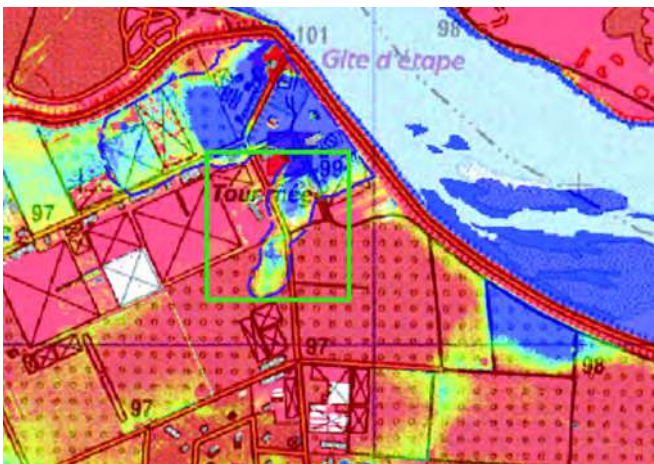


Illustration 19 : exemple de fosse d'érosion.

À gauche : modèle numérique de terrain mettant en évidence la fosse d'érosion se prolongeant de part et d'autre du château de l'Isle à la suite d'une brèche dans la levée d'Orléans lors de la crue de 1866. Carte IGN Scan 25® et MNT Laser 2002, les altitudes les plus basses sont en bleu, les plus élevées en rouge.

Au milieu : gravure du château à l'arrière de la digue avant la crue.

À droite : photographie de 1866 du château de l'Isle après la crue. (Source : DREAL Centre-Val de Loire).

Les zones situées à proximité immédiate d'un ouvrage faisant obstacle à l'écoulement présentent ainsi, en cas de rupture, un risque élevé pour les vies humaines (noyade, ensevelissement, etc.), **pour les biens** (destructions et détériorations d'habitations, d'entreprises, d'ouvrages, d'infrastructures, de cultures, etc.) **et pour l'environnement** (destruction de la flore et de la faune, disparition du sol cultivable, pollutions diverses, dépôts de déchets, boues, débris, etc.). Les ouvrages de protection sont ainsi, dans une certaine mesure, des objets de danger.

Le principe général sur la prise en compte de ces ouvrages dans les PPRi

Une portion de territoire construite n'est que très rarement rendue à la nature et l'urbanisation d'un secteur acte un changement d'affectation des sols à très long terme (plusieurs décennies à plusieurs siècles).

À cette échelle de temps, aucune digue ne permet d'assurer une « protection absolue » contre toutes les crues. La probabilité de dépassement ou de défaillance d'un ouvrage peut être faible mais jamais nulle. Ainsi, les zones situées derrière les ouvrages faisant obstacle aux écoulements, y compris les digues, sont considérées comme des zones inondables¹⁰⁹, quel que soit le niveau de protection pour ce qui concerne les systèmes d'endiguement¹¹⁰. Compte tenu de leur caractère potentiellement dévastateur, **les conséquences des défaillances des ouvrages de protection doivent systématiquement être évaluées dans le cadre du PPRI, prises en compte dans la carte d'aléa et les zones exposées doivent être règlementées¹¹¹.**

Ce principe est un des fondements de la politique nationale de prévention des risques d'inondation.

Les sous-scénarios relatifs aux ouvrages faisant obstacle aux écoulements

« La détermination de l'aléa de référence prend en compte des scénarios de défaillance des systèmes d'endiguement autorisés au titre de l'article R. 562-14 du code de l'environnement »¹¹² (article R. 562-11-3 du code de l'environnement). De manière générale dans le cas des ouvrages faisant obstacles aux écoulements, il est recommandé d'étudier :

■ **un sous-scénario avec tenue de l'ensemble des ouvrages, qui fournit des informations essentielles pour la suite de la démarche.** Ce sous-scénario permet notamment de définir la ligne d'eau de référence dans le lit mineur (nécessaire par exemple pour construire les bandes de précaution développées en partie 3.2.4.3.), d'identifier les zones de mise en charge potentielles où favoriser la localisation de sous-scénarios de brèches, et de localiser certains points de débordement. Dans certaines configurations, ce sous-scénario peut être par ailleurs localement le plus pénalisant en limitant le laminage de la crue ou en mettant en évidence des effets de cuvette.

À la différence des sous-scénarios de défaillance, qui dépendent des ouvrages considérés, il y a, en général, un seul sous-scénario global de « tenue des ouvrages » pour l'ensemble des ouvrages¹¹³ de premier rang ;

■ **puis, pour chaque ouvrage défini en début de partie 3.2.3.2.2, un (ou plusieurs) sous-scénarios de défaillance de l'ouvrage considéré (avec tenue des autres ouvrages).** En fonction du contexte, et notamment de la complexité du fonctionnement hydraulique du site, il peut être choisi d'étudier :

- [1] : un sous-scénario d'effacement de l'ouvrage et un (des) sous-scénario(s) de brèche(s) ;
- ou [2] : un sous-scénario d'effacement à la place d'un (de) sous-scénario(s) de brèche(s) ;
- ou [3] : un (des) sous-scénario(s) de brèche(s) à la place d'un sous-scénario d'effacement.

La complexité du fonctionnement hydraulique s'évalue principalement au regard de la longueur de l'ouvrage, de la topographie du site (et en particulier du dénivelé le long du linéaire), de l'importance du volume d'eau susceptible d'inonder l'arrière de l'ouvrage et du nombre de rangs. Dans les cas simples, on pourra retenir seulement un sous-scénario d'effacement [2] ou un nombre limité de sous-scénarios de brèche [3] ; dans les cas complexes, il sera généralement retenu d'étudier ces deux types de sous-scénarios [1].

Le(s) sous-scénario(s) de brèche sont construits de manière à pouvoir évaluer les conséquences des brèches dans les ouvrages en tout point potentiellement mis en charge par l'évènement de référence¹¹⁴. Une brèche est une ouverture de longueur limitée dans l'ouvrage. Les descriptions des brèches survenant pendant la crue sont proposées par le bureau d'étude et validées par le maître d'ouvrage au regard des caractéristiques suivantes :

109. Cf. circulaire du 30 avril 2002 relative à la politique de l'État en matière de risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations et les submersions marines ; ainsi que le guide PPR de 1999 (MATE, METL, 1999).

110. Le système d'endiguement vise à assurer la mise hors d'eau d'une zone à protéger, pour un évènement ou un aléa naturel d'occurrence donné, définissant son niveau de protection (article R. 214-119-1 du code de l'environnement). Ce niveau de protection, choisi par l'autorité compétente en matière de GEMAPI, est indépendant de la magnitude de l'évènement de référence retenu pour le PPRI.

111. Ainsi, les ouvrages de protection ont vocation à protéger les populations et constructions de certains évènements, et non à ouvrir des secteurs à l'urbanisation.

112. La défaillance des ouvrages faisant obstacle à l'écoulement est également prise en compte dans le PPRI à travers l'identification de bandes de précaution ([voir partie 3.2.4.3](#)).

113. Lorsque la défaillance d'un ouvrage est quasi-certaine dès le début d'un évènement correspondant au scénario de référence, l'hypothèse de tenue peut être écartée et il peut être considéré systématiquement une hypothèse de défaillance pour cet ouvrage.

114. L'identification des zones de mise en charge des ouvrages de premier rang nécessite d'avoir préalablement étudié le sous-scénario « de bon fonctionnement ». L'identification des zones de mise en charge des ouvrages de rang n+1 nécessite d'avoir étudié des sous-scénario de défaillance des ouvrages de rang n.

- **leur position** : en première approche, les différentes brèches¹¹⁵ sont à positionner de manière à couvrir tous les secteurs où l'ouvrage peut être mis en charge (« brèche glissante »). Pour de longs linéaires, l'étude de brèches en tout point nécessiterait toutefois l'identification de très nombreux sous-scénarios, ce qui impliquerait des durées et des coûts d'étude trop élevés. Pour éviter cela, il est recommandé d'identifier des sous-scénarios de brèches espacés¹¹⁶ le long du linéaire, notamment au niveau des secteurs concentrant les enjeux, des zones de mise en charge plus importante, des zones d'écoulements préférentiels derrière l'ouvrage, ou des localisations de brèches historiques. Les résultats des différents sous-scénarios sont ensuite interpolés, généralement à dire d'expert, afin d'estimer les écoulements en cas de brèches en tout point,
- **l'instant de déclenchement de la brèche** : par exemple au moment du pic de crue, lorsque la cote d'eau dans le lit mineur dépasse le niveau de protection, au moment d'une éventuelle surverse, etc.,
- **le mode d'ouverture de la brèche** : la longueur et la largeur initiale d'ouverture, le temps ou la vitesse d'ouverture, et une description simplifiée de l'évolution de la fosse d'érosion,
- **la situation finale** : définie par une cote de fond atteinte par tous les points situés dans la zone de brèche, ce qui traduit également la largeur maximale de l'ouverture¹¹⁷ et la profondeur maximale de la fosse d'érosion.

Le sous-scénario d'effacement, consiste à considérer l'ouvrage comme transparent hydrauliquement. Cet effacement peut être permanent (arasement de l'ouvrage dès le début de la modélisation) ou intervenir pendant la crue (ruine de l'ouvrage, modélisée par l'apparition d'une brèche qui s'élargit sur toute la longueur de l'ouvrage, et dont il convient de définir les caractéristiques : position de l'ouverture initiale, instant de déclenchement, mode d'ouverture et situation finale).

Le lien avec les études de dangers (pour les digues)

Les systèmes d'endiguement font l'objet d'une réglementation spécifique en raison des risques qu'ils peuvent générer pour les personnes et les biens. À ce titre, ils sont soumis à des dispositions réglementaires particulières, dont la réalisation **d'études de dangers (EDD)** par les gestionnaires d'ouvrages.

Le plan de l'EDD des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions est défini en partie 8 de l'annexe 1 de l'arrêté du 7 avril 2017.

Les scénarios 1 à 3 définis dans une EDD¹¹⁸ constituent une base utile à la réflexion, mais ne sont pas suffisants pour définir les sous-scénarios de brèches d'un PPRi par débordement de cours d'eau. En effet, les sous-scénarios de brèches pour réaliser l'aléa de référence du PPRi ont vocation à couvrir le champ des possibles sur le long terme et sont indépendantes de la robustesse du système d'endiguement. Le scénario 4 de l'EDD est un scénario facultatif correspondant à l'évènement pris pour déterminer l'aléa de référence du plan de prévention des risques naturels pour les aléas débordement de cours d'eau et submersion marine. **Les cartes associées à ce scénario de l'EDD peuvent apporter certains éclairages, mais n'ont pas vocation à être intégrées directement dans la carte d'aléa de référence du PPRi. Elles sont en effet élaborées par l'autorité compétente en matière de GEMAPI dans un objectif de définition et de démonstration d'un niveau de protection. Elles n'ont pas vocation à se substituer aux cartes du PPRi, qui relèvent de la responsabilité de l'État et qui visent à répondre à un autre objectif.**

3.2.3.2.3. La prise en compte des autres dispositifs hydrauliques

Les dispositifs **de stockage, drainage, ressuyage ou d'évacuation des eaux** (vannages, écluses, etc.), qui peuvent relever des aménagements hydrauliques au sens de l'article R. 562-18 du code de l'environnement¹¹⁹, ont un impact potentiellement significatif sur la propagation des écoulements.

115. Sauf dans des cas particuliers où l'analyse de brèches simultanées se justifie, chaque brèche fait généralement l'objet d'un sous-scénario dédié.

116. Distance, régulière ou non en fonction de la topographie, de plusieurs dizaines à centaines de mètres en fonction de la configuration du secteur.

117. La largeur maximale d'une brèche ne dépasse habituellement pas 1.5 à 2 fois la largeur du lit mineur.

118. Scénario 1 : fonctionnement normal du système d'endiguement (montée des eaux correspondant au plus au niveau de protection). Scénario 2 : défaillance fonctionnelle (ou hydraulique) du système qui se produit lors de la montée des eaux provoquant une perte de protection de la zone protégée, au moins partielle, mais en supposant l'absence de défaillance structurelle des ouvrages. Scénario 3 : défaillance structurelle du système d'endiguement (montée des eaux provoquant une défaillance structurelle des ouvrages).

119. Ces ouvrages peuvent donc être inclus dans la rubrique 3.2.6.0. de la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration. Les barrages, dont la prise en compte est traitée [en partie 3.2.3.2.6.](#), ne relèvent pas de ce paragraphe.

Que leur fonctionnement soit automatisé ou conditionné par une action humaine (mécanique ou électrique), l'absence de défaillance de ces dispositifs ne peut pas être garantie sur le long terme. Il convient donc d'envisager :

- un sous-scénario de fonctionnement sans défaillance de ces dispositifs ;
- un (ou des) sous-scénario(s) de fonctionnement défaillant ou perturbé.

3.2.3.2.4. La prise en compte des installations, ouvrages et remblais dans le lit mineur

Certains ouvrages (piles de pont, seuils, etc.)¹²⁰ peuvent contraindre la section d'écoulement dans le lit mineur et influencer, parfois très fortement, la propagation de la crue et la ligne d'eau, à l'amont comme à l'aval. Leur impact est étudié à travers différents sous-scénarios :

- un sous-scénario de fonctionnement sans défaillance (fonctionnement normal) ;
- et/ou¹²¹ des sous-scénarios de fonctionnement défaillant ou perturbé : embâcles sur les piles de pont entraînant une diminution de la section d'écoulement, obstruction partielle ou totale du pont avec des débordements sur les côtés, rupture après une mise en charge, etc.



Illustration 20 : création d'embâcles en amont d'un pont à Morlaix en juin 2018 (Source : Morlaix communauté).

De manière générale, les matériaux flottants transportés par le courant peuvent s'accumuler en amont des passages étroits. Les embâcles créés surélevent alors fortement le niveau de l'eau en amont. Leur rupture éventuelle peut provoquer une onde puissante et dangereuse en aval. **En fonction du contexte (nombre et taille prévisible de flottants, largeur du lit, etc.), il peut être utile d'intégrer des sous-scénarios relatifs à la formation et à la rupture d'embâcles pour différents instants de la crue** (au minimum pour le pic de crue au droit de l'embâcle).

3.2.3.2.5. La prise en compte des barrages de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R. 214-112 du code de l'environnement

Ces ouvrages relèvent d'une réglementation distincte de celle des systèmes d'endiguement et doivent en particulier satisfaire aux exigences de l'arrêté du 6 août 2018 (dit « arrêté technique Barrages »). Ils sont généralement conçus pour résister à des événements de période de retour décennales.

Sauf cas très exceptionnel (non-respect de « l'arrêté technique Barrages » sans mesures de mise en sécurité de l'ouvrage), le PPRi n'intègre pas de sous-scénario de défaillance de ce type d'ouvrage.

120. Ces ouvrages peuvent relever de [la rubrique 3.1.1](#) de la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration.

121. Il peut être retenu seulement un sous-scénario en situation perturbée (par exemple en élargissant de manière forfaitaire les piles de pont dans le modèle) si celui-ci est le plus probable.

3.2.3.2.6. Le nombre de sous-scénarios

Le choix de définir un ou plusieurs sous-scénarios dépend des spécificités locales et leur validation relève du service chargé de l'élaboration du PPRi, sur la base de propositions motivées du bureau d'études.

Afin de limiter l'effort d'étude et de faciliter la communication, et malgré le nombre élevé de possibilités, **l'aléa de référence s'établit à partir d'un nombre « raisonnable » de sous-scénarios**. Il n'est pas possible de fixer un nombre recommandé de sous-scénarios car chaque site est différent, et certains ont des fonctionnements très complexes. En guise de recommandation, soulignons que pour les cas les plus simples, un seul sous-scénario peut être étudié (il est alors considéré que le scénario de référence ne peut se manifester que d'une seule manière). Sur les sites les plus étendus et les plus complexes, plusieurs dizaines de sous-scénarios sont parfois nécessaires¹²².

Après avoir défini les différents sous-scénarios possibles, il convient de **les prioriser** afin de trouver le bon équilibre entre la variabilité des configurations possibles et les moyens dédiés à l'élaboration du PPRi. Cette priorisation peut se faire en regroupant des sous-scénarios similaires, en éliminant des sous-scénarios majorés par d'autres, ou retenant un sous-scénario englobant pour les secteurs à faible enjeux où une grande finesse n'est pas nécessaire.

Ainsi, chaque sous-scénario ne fait pas nécessairement l'objet d'une démarche complète allant jusqu'à une carte exhaustive et précise des niveaux d'aléa. Il est parfois possible de s'appuyer sur des éléments disponibles dans des études menées hors du cadre du PPRi (études de dangers, études réalisées dans le cadre de PAPI, etc.) pour appréhender certains comportements d'ouvrages, à condition que les hypothèses relatives à ces études soient cohérentes avec celles du PPRi. Pour des questions de traçabilité, il est recommandé d'identifier clairement dans le rapport de présentation les sous-scénarios dont l'étude est issue d'un autre cadre et ceux qui ont été analysés plus en détail dans le cadre du PPRi.

En cas d'incertitudes notables sur un paramètre ou une variable (rugosité des sols, largeur de brèche, etc.), **des tests de sensibilité**¹²³ peuvent être réalisés pour appréhender les conséquences des choix retenus. Par défaut, lorsque les incertitudes ne peuvent pas être levées, un choix allant dans le sens de la sécurité est retenu.

Résumé relatif à l'identification des sous-scénarios

Un même scénario de référence peut se manifester de manière sensiblement différente en fonction du comportement de différents éléments anthropiques et naturels pendant la crue (tenue ou rupture d'ouvrages faisant obstacle à l'écoulement, comme une digue ou un remblai, transparence ou obstruction de ponts, etc.).

Des sous-scénarios, représentatifs de la variété des modes de fonctionnement des différents éléments du territoire d'étude, sont identifiés. De manière générale, peuvent être retenus un sous-scénario de « fonctionnement normal », des sous-scénarios de défaillance (ruptures) et/ou des sous-scénarios avec absence (suppression) des ouvrages.

En particulier, compte tenu de l'impossibilité de garantir l'absence de défaillance des systèmes d'endiguement sur le long terme d'une part, et des conséquences potentiellement dévastatrices en cas de brèche d'autre part, des sous-scénarios de défaillance de ces ouvrages sont systématiquement considérés sur les secteurs mis en charge en cas de survenue du scénario de référence.

3.2.4. La modélisation et la cartographie de l'aléa de référence (phase 3)

Cette partie présente comment les niveaux d'aléa sont cartographiés pour chaque sous-scénario¹²⁴ (essentiellement sur la base de résultats de modélisation), et comment la carte de l'aléa de référence est construite, en regroupant les niveaux d'aléa maximaux de l'ensemble des sous-scénarios et en intégrant les bandes de précaution à l'arrière des ouvrages de protection.

¹²². Il est parfois difficile d'appréhender au moment de l'élaboration du marché le nombre de sous-scénarios à étudier et la finesse d'analyse associée. Afin de limiter le risque d'avenant et de prévoir au mieux les coûts, qui peuvent être élevés, il est conseillé d'anticiper au mieux ce point, par exemple en introduisant des tranches conditionnelles dans le marché.

¹²³. Un test de sensibilité a pour objectif d'évaluer dans quelle mesure des incertitudes relatives à des hypothèses se répercutent sur les résultats associés. Exemples : sensibilité des intensités au regard des estimations de débits, des choix de coefficients de rugosité ou des hypothèses sur la prise en compte d'embâcles.

¹²⁴. Ou scénario lorsque l'étude de sous-scénarios de se justifie pas (absence d'ouvrages, etc.)

L'aléa de référence est qualifié et représenté de manière cartographique, selon au maximum quatre niveaux : « faible », « modéré », « fort » et « très fort », en fonction de la hauteur d'eau ainsi que de la dynamique liée à la combinaison de la vitesse d'écoulement de l'eau et de la vitesse de montée des eaux (article R. 562-11-4 du code de l'environnement).

3.2.4.1. Le choix de la méthode de cartographie de l'aléa

L'évaluation des niveaux d'aléa nécessite ainsi d'estimer les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les vitesses de montée des eaux maximales lors de la survenue de l'évènement de référence. Plusieurs méthodes, détaillées ci-après, peuvent être mises en œuvre de manière complémentaire :

- la modélisation numérique hydraulique ;
- la méthode hydro-géomorphologique (qui s'accompagne d'une modélisation) ;
- la reconstitution d'une inondation historique, par exemple à partir des PHEC (qui peut s'accompagner d'une modélisation).

3.2.4.1.1. La modélisation numérique hydraulique

Définition

La modélisation numérique hydraulique utilise des outils numériques pour simuler les écoulements. Cette méthode repose sur la résolution des équations de la physique régissant le mouvement des fluides¹²⁵. Elle se déploie en plusieurs étapes, dont les principales sont :

- la construction d'un **modèle**, qui représente schématiquement le territoire d'étude sous forme de maillage ;
- la définition de **conditions limites** du sous-scénario étudié. Ces conditions limites sont sous forme d'hydrogrammes de crue (généralement pour les conditions limites amont relatives au cours d'eau principal et aux affluents) ou de hauteur d'eau (souvent pour les conditions limites à l'aval) ;
- le **calage** puis la **validation** du modèle ;
- **l'expertise** des résultats, et les post-traitements associés.

Comme pour toutes les méthodes de modélisation, la qualité des résultats dépend largement de la précision et de la fiabilité des données d'entrée : forçages météorologiques, hydrologiques, topo-bathymétriques, connaissances relatives à la « rugosité » des terrains, intégration du bâti, données pour le calage et la validation, prise en compte du fonctionnement des singularités (ouvrages hydrauliques), etc.

La construction d'un modèle

Un modèle numérique est une représentation de la topographie du terrain et de ses caractéristiques (notamment sa rugosité). Le territoire d'étude est subdivisé en petits éléments géométriques¹²⁶, appelés mailles, présentant chacune des caractéristiques uniformes. La densité et la taille des mailles sont adaptées en fonction :

- de la qualité des modèles numériques de terrain et de la bathymétrie disponibles ;
- de la précision attendue en termes de représentation des écoulements (la densité du maillage peut être adaptée selon les secteurs en fonction des enjeux en présence) ;
- de la complexité du terrain (relief¹²⁷, enjeux, ouvrages, infrastructures, etc.) ;
- des capacités de calcul disponibles, afin de conserver des temps de traitement acceptables¹²⁸ pour les simulations.

Le maillage s'appuie sur l'utilisation de « lignes de contrainte » (rives du cours d'eau, fossés, digues, remblais en lit majeurs, route, etc.). La donnée topographique et bathymétrique, ou tout autre donnée d'entrée (coefficient de frottement, etc.), est ensuite interpolée sur ce maillage. La modélisation prend en compte les conditions d'écoulement actuelles (nouveaux obstacles à l'écoulement, évolution des lits mineurs et majeurs depuis la survenue de l'évènement historique, etc.), selon des modalités adaptées au contexte et à l'historique local.

¹²⁵. Les solutions approchées fournies par les nombreux codes de calcul existants sont régies par des équations non-linéaires de Navier-Stokes et de sa version réduite de Barré de Saint-Venant.

¹²⁶. Il s'agit par exemple de polygones (triangles, carrés, etc.) dans le plan bidimensionnel.

¹²⁷. Les reliefs accidentés sont généralement maillés plus finement que les terrains homogènes afin de capturer avec précision les variations locales tout en optimisant les ressources computationnelles.

¹²⁸. Une modélisation particulièrement complexe peut durer plusieurs heures, voire plusieurs dizaines d'heures.

La présence de bâtiments¹²⁹, tout particulièrement en zone densément urbanisée, influence sensiblement les écoulements. La présence du bâti est par conséquent prise en compte dans le modèle, et notamment les modèles 2D. Plusieurs options sont possibles : application d'un modèle numérique d'élévation (MNE) en modulant éventuellement la porosité des bâtiments pour prendre en compte le volume d'eau qui pourrait y être stocké, modulation du coefficient de frottement sur les secteurs concernés, etc. Dans tous les cas, les hypothèses de prise en compte du bâti font systématiquement l'objet d'une analyse spécifique.

De manière générale, la construction du modèle est un exercice complexe qui demande une bonne connaissance du terrain et des écoulements¹³⁰.

Les conditions aux limites

Les conditions aux limites du modèle hydraulique sont des contraintes imposées aux frontières du maillage pour représenter les interactions (entrées et sorties d'eau) entre le système modélisé et son environnement externe.

Les **conditions aux limites amont** du modèle hydraulique sont constituées des hydrogrammes de crues du scénario de référence (hydrogramme du cours d'eau principal et des éventuels affluents le long du linéaire d'étude) définis précédemment (voir partie 3.2.3.1).

Dans la plupart des cas, un **régime transitoire**, intégrant une évolution des débits au cours du temps, est retenu. Dans certains cas (petits affluents notamment), un hydrogramme constant, représentant un **régime permanent**, peut être préféré. Il convient d'expliquer le raisonnement qui conduit à ne pas considérer un régime transitoire : pointe de crue très étalée, faibles débits au regard de ceux du cours d'eau principal, simplification des calculs, connaissances historiques insuffisantes, etc.

La (ou les) **condition(s) aux limites aval** du modèle est (sont) souvent constituée(s) par une hauteur d'eau (ou par un marégramme dans le cas d'un estuaire). Certains phénomènes peuvent amplifier les aléas de la crue de référence du cours d'eau principal, comme la concomitance avec une crue d'un affluent en aval du territoire d'étude, ou avec des niveaux marins hauts notamment au moment des pleines mers.

Le calage et la validation du modèle numérique hydraulique

Le calage du modèle numérique hydraulique correspond au processus d'ajustement de ses paramètres (coefficients de rugosité par exemple) afin de reproduire au mieux les observations. Le but du calage est d'obtenir une bonne correspondance entre les résultats issus de simulations et les mesures observées.

Le calage et la validation ne sont pas des processus automatiques. Ils nécessitent une expertise humaine.

Le calage s'appuie sur des données disponibles de débit et de hauteur d'eau (stations de mesure, laisses de crue, etc.) relatives, si possible, à plusieurs événements historiques de caractéristiques différentes, ce qui permet de tester le comportement du modèle dans plusieurs configurations¹³¹.

Si les mesures relatives à un événement ne coïncident pas avec les résultats de simulation de cet événement, les paramètres du modèle (principalement les coefficients de frottement traduisant la rugosité des différents types d'occupation des sols) sont itérativement ajustés. Des simulations successives sont ainsi effectuées jusqu'à ce qu'une cohérence « satisfaisante » soit atteinte. Au regard des différentes incertitudes, un écart de plus ou moins 10 à 20 centimètres entre les hauteurs d'eaux issues de la modélisation et celles mesurées est usuellement jugé acceptable par les praticiens¹³². Ces valeurs peuvent toutefois être nuancées au regard de la qualité des données de contrôle (qui doivent faire l'objet d'une analyse critique), ainsi qu'aux évolutions potentielles survenues sur le territoire depuis les mesures.

Le modèle calé est enfin validé grâce à la simulation d'une (ou plusieurs) inondation(s) historique(s) documentée(s), non utilisées pour le calage, de périodes de retour si possible proche de l'événement de référence. Cette étape permet également d'évaluer l'incertitude du modèle et *in fine* sa capacité de simulation.

129. Dans une logique comparable, des hypothèses sont à discuter sur la prise en compte des réseaux structurants d'évacuation des eaux pluviales.

130. La version définitive du modèle peut résulter d'ajustements de versions provisoires après une ou plusieurs simulations permettant de mieux comprendre les écoulements et le niveau de précision adapté sur les différents secteurs.

131. Le calage d'un modèle pour une certaine occurrence de crue n'est pas nécessairement adapté à une occurrence de crue sensiblement différente.

132. Dans la mesure où cet ordre de grandeur correspond aux incertitudes d'un MNT de grande qualité, il est illusoire de rechercher un écart plus faible.

Les différents types de modélisations numériques hydrauliques

Différents types de modèles hydrauliques existent pour la modélisation numérique de rivière :

- les modèles 1D (une dimension) filaires et casiers ;
- les modèles 2D (deux dimensions) ;
- les modèles 1D/2D, qui couplent les deux types de modèles précédents en représentant le lit mineur par un modèle 1D et le lit majeur par un modèle 2D.

■ Les méthodes uni-dimensionnelle (1D)

► Les méthodes 1D filaire et multi-filaire

Ces modélisations reposent sur la résolution des équations de Barré de Saint-Venant sur une dimension (1D) (voir glossaire) en configuration « lits composés », distinguant le lit mineur et le lit majeur. Les relations entre les lits sont conçues pour déterminer les cotes d'eau dans le lit mineur, les temps de propagation et la déformation des ondes de crues sous l'effet du laminage résultant de débordements dans le lit majeur. La cote d'eau et les débits longitudinaux sont calculés à chaque nœud du modèle.

Dans une modélisation 1D, l'écoulement le long d'un bief¹³³ de rivière ou de vallée inondable est représenté par une direction privilégiée d'écoulement le long de son axe longitudinal (voir illustration 21). Le bief de vallée est composé d'une succession de tronçons de rivière entrecoupés de singularités hydrauliques formant des obstacles à l'écoulement. Ces tronçons sont interconnectés par des nœuds, correspondant notamment aux confluentes et défluent naturels, sur lesquels une conservation des volumes d'eau et, si adapté, une relation de perte de charge (présence de pont, par exemple) sont fixées. Ces relations permettent de propager une crue depuis les différents nœuds d'entrée du réseau (conditions aux limites amont) jusqu'aux nœuds de sortie (conditions aux limites aval).

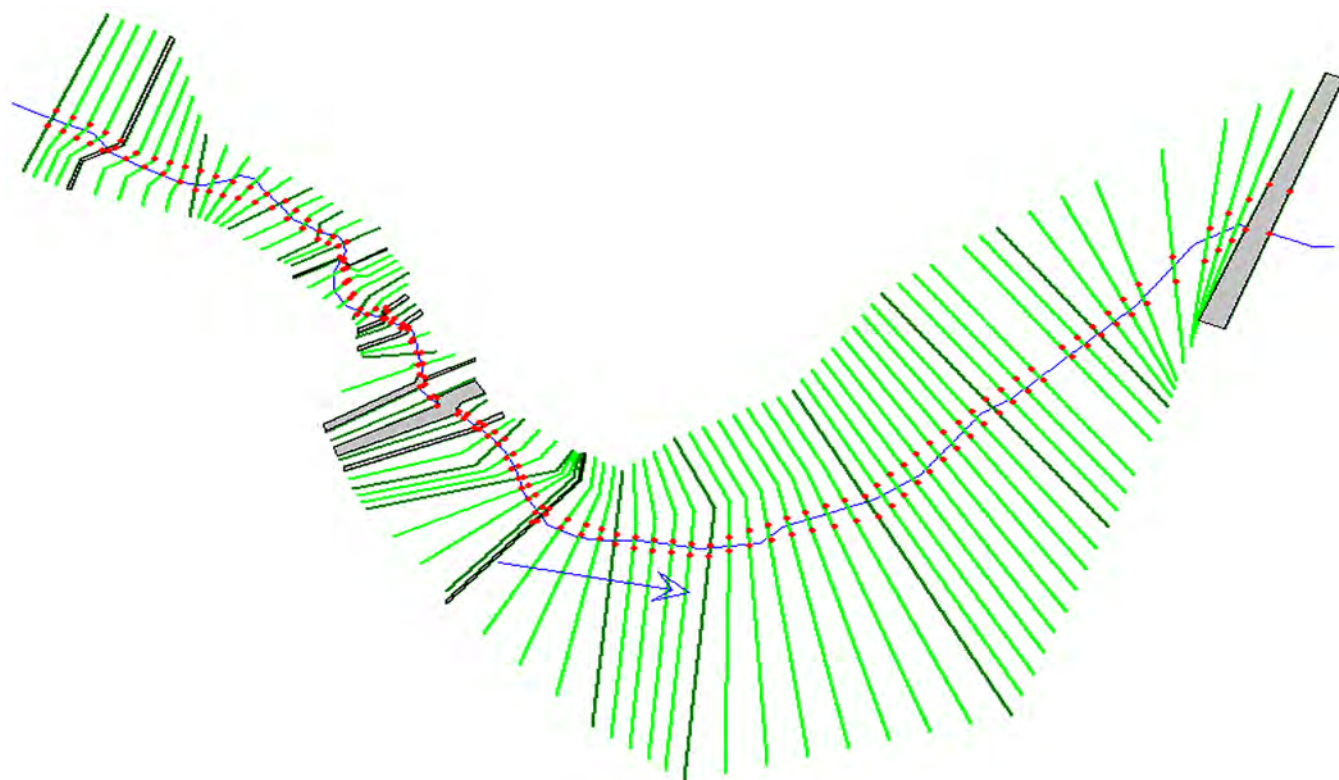


Illustration 21 : maillage d'un modèle 1D filaire entre la Vendage et Paulhac (43) (Source : Cerema).

En bleu : le cours d'eau ; en noir : les profils en travers des levés topo/bathymétriques réalisés par un géomètre ; en vert : les profils en travers topo-bathymétriques interpolés à partir des profils levés par le géomètre ; en rouge : la limite lit mineur/lit majeur ; en gris : ponts ; la flèche bleue indique le sens de l'écoulement.

133. Portion d'un cours d'eau ou d'un canal entre deux chutes, deux écluses.

► Méthode 1D-casiers

Les modèles à casiers s'appuient sur une logique de découpage du lit majeur en casiers (« bassines ») dont les contours correspondent, en général, à des limites physiques contraignant les écoulements : levées, coteaux, routes, talus, systèmes d'endiguement, remblais, etc. Ces casiers communiquent entre eux par des « liaisons » de natures différentes selon la topographie ou le type d'ouvrage (loi de seuil, par exemple).

Les modèles 1D-casiers sont classiquement utilisés pour étudier les zones de stockage (zones de faibles vitesses d'écoulement et de faibles variations de hauteurs d'eau, situées à l'écart des écoulements dynamiques et caractérisées par une loi de remplissage cote/volume¹³⁴). Les volumes entrants sont uniformément et instantanément répartis dans les casiers, la dynamique de propagation à l'intérieur du casier étant négligée, ce qui constitue une hypothèse forte.

Chaque casier correspond à un nœud de calcul caractérisé par une cote d'eau, une capacité de stockage, une superficie et une courbe de remplissage du casier. Le modèle permet d'estimer le volume d'eau susceptible d'être stocké dans la zone inondée. Les vitesses d'écoulement ne sont connues qu'en limite de casiers. La vitesse de propagation de l'onde de submersion n'est pas représentée et les zones ne sont pas différenciées comme étant secteurs d'écoulements ou de stockage de l'eau.

Ce type de modèle nécessite une très bonne compréhension du fonctionnement du territoire d'étude que l'approche hydrogéomorphologique peut aider à construire.



Illustration 22 : représentation du modèle 1D-casiers réalisé avec le plugin Mascaret autour de la commune de Chatillon-sur-Seine (21) (Source : Cerema).

En bleu : les casiers ; traits en pointillés blancs et bleus : les liaisons casier/lit mineur ou casier/casier ; lignes délimitées par des flèches rouges : les profils en travers.

► Les méthodes bi-dimensionnelle (2D)

Les codes de calcul reproduisent la dynamique des écoulements en s'appuyant sur la formulation des équations de Barré de Saint-Venant en 2D (espace horizontal) à l'aide d'une méthode de résolution par volumes finis. À chaque nœud de calcul sont calculés une cote d'eau, les composantes horizontales de la vitesse d'écoulement, et une capacité de stockage décrite par une cote moyenne de fond et une surface.

La topographie et la bathymétrie sont schématisées sur un maillage généralement triangulaire ou quadrangulaire, chaque maille étant caractérisée par la cote moyenne du terrain naturel et par un coefficient de frottement. Le maillage est généralement déstructuré, c'est-à-dire que les frontières de chaque maille ont des directions quelconques. Elles s'appuient sur des « lignes de contrainte » : rives du cours d'eau, fossés, digues, remblais en lit majeurs, route, etc. (voir illustration 24).

134. Une loi de remplissage cote/volume est une relation mathématique qui définit la variation du volume d'eau contenu dans un réservoir en fonction de son niveau de remplissage, également appelé cote.

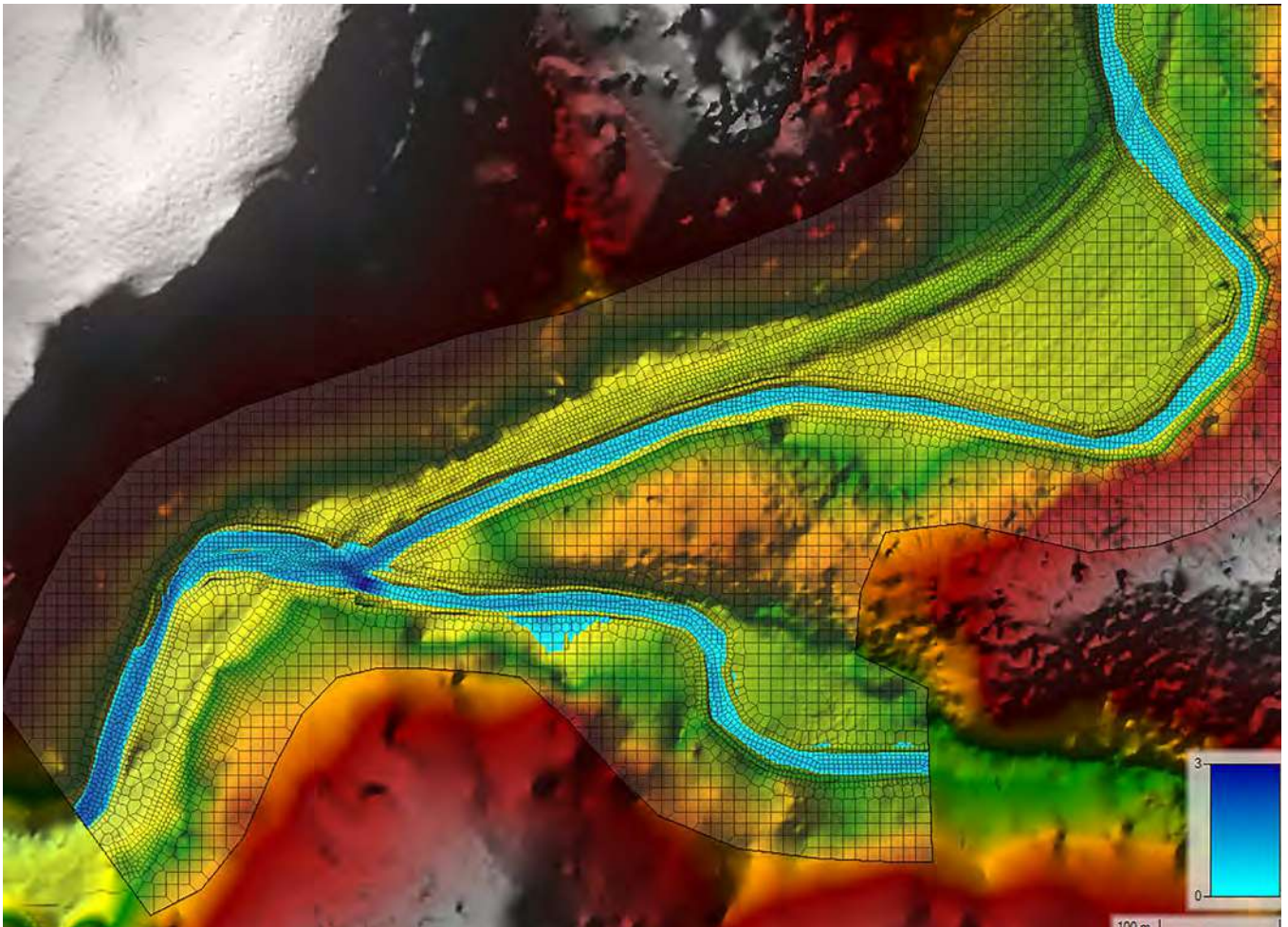


Illustration 23 : maillage d'une modélisation 2D de la confluence entre la Sumène et le Marilhou (15) (Source : Cerema).

En gris : les mailles du modèle, plus ou moins fines en fonction de la localisation ; en nuances de vert au rouge : l'altimétrie ; en bleu : les hauteurs d'eau simulées.

► Méthode 1D/2D

Il est possible de coupler des modèles 1D et 2D afin d'optimiser les temps de calcul (voir illustration 24). Ce couplage est basé sur la création de liaisons entre les éléments des deux domaines. Les berges de chaque lit de cours d'eau sont connectées au domaine 2D par des liaisons apparentées à des déversoirs, dont la cote et la largeur sont adaptées en fonction du profil de la berge.

Dans le cas de maillage 2D s'appuyant sur les limites du domaine 1D, les liaisons latérales schématisent les capacités de débordement du bief 1D vers le maillage 2D à partir des caractéristiques géométriques de la berge (altimétrie), de la géométrie de chacune des mailles (largeur de contact avec la berge) et de l'occupation du sol (frottement).

Dans le cas où le bief 1D (lit mineur) est immergé dans le maillage 2D, il ne constitue pas une limite au maillage 2D. Les caractéristiques géométriques des liaisons du bief 1D vers les mailles 2D sont simplifiées sous la forme d'une liaison vers chaque maille traversée, englobant la largeur de débordement des rives gauche et droite. Cette représentation simplifiée est mise en œuvre pour des cours d'eau de faible capacité dont les berges ne constituent pas un obstacle à l'écoulement des eaux en lit majeur (absence de digues). Elle permet d'intégrer simplement des petits cours d'eau ou fossés à un maillage global 2D du lit majeur sans reprendre le maillage¹³⁵.

135. En effet, ces petits cours d'eau et fossés peuvent avoir un rôle significatif dans la dynamique des écoulements des débordements du cours d'eau principal et dans le ressuyage du lit majeur.

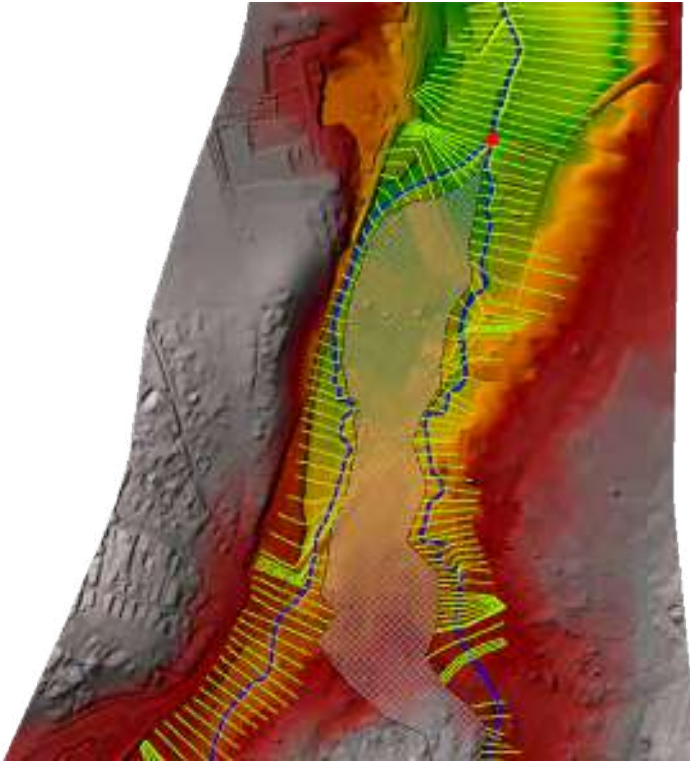


Illustration 24 : couplage 1D/2D latéral et longitudinal : modélisation de l'Angaud et du Ranquet sur la commune de Billom (63) (Source : Cerema).

En bleu : le cours d'eau ; en vert : les profils en travers sur partie 1D ; en gris : maillage 2D en amont de la confluence.

L'expertise et le post-traitement des résultats

Les résultats issus de modélisation présentent intrinsèquement des limites et des incertitudes dont les sources peuvent être nombreuses : qualité du maillage et de la retranscription de configurations complexes, qualité et quantité des données d'entrée (et éventuellement qualité de la reconstitution de données manquantes), qualité du calage, etc.

Les rendus visuels très communicants et les lignes d'eau estimées au centimètre peuvent donner une impression erronée de qualité et de précision.

La fourniture de résultats de modélisation numérique bruts en guise de carte d'intensité de l'aléa est à proscrire. Une interprétation experte et un post traitement des résultats par un hydraulicien, s'appuyant le cas échéant sur l'analyse hydrogéomorphologique et les données historiques, est nécessaire afin de prendre en compte les limites du modèle, de corriger les éventuelles incohérences, d'intégrer autant que possible les effets des phénomènes non modélisés (érosions, effets des véhicules, etc.), et de mettre en forme les résultats (lissages, réduction des artefacts, etc.).

Il est par ailleurs nécessaire de préciser dans le rapport d'étude **un ordre de grandeur de l'incertitude attachée aux zones inondées**. Celle-ci peut s'estimer au regard des écarts identifiés entre les résultats de modélisation et les données de calage (généralement les crues historiques) lors de la validation. Dans le cas où le calage du modèle ne peut pas être réalisé selon les règles de l'art (lorsque les données d'entrée sont par exemple insuffisantes), des tests de sensibilité, effectués principalement sur les débits en entrée du modèle ou les coefficients de frottement permettent d'estimer l'incertitude.

Les avantages et inconvénients des modèles numériques hydrauliques

Les modèles numériques (tous types confondus) présentent des avantages importants, notamment :

- la possibilité d'associer une période de retour à l'évènement modélisé, ce qui est nécessaire dans le cadre d'un PPRi ;
- la capacité de jouer plusieurs sous-scénarios d'un scénario de référence (ajout de ruptures d'ouvrages par exemple) ;
- la possibilité de représenter, en situation actuelle ou future, les effets d'un évènement historique ;
- la capacité de rejeu de scénarios en modifiant les conditions limites, par exemple dans un objectif prospectif d'évaluation des impacts du changement climatique ;
- l'obtention de résultats sur de grandes emprises ;
- l'accès à des résultats interprétables (permettant l'analyse des causes et des conséquences), et notamment à des valeurs quantitatives de variables hydrauliques (hauteurs et vitesses) nécessaires à la qualification des niveaux d'aléa, sur chaque maille et pour chaque pas de calcul ;

- la faculté de représenter des effets non triviaux résultant du caractère systémique des phénomènes et des « effets de réseau » ;
- la possibilité de visualiser des résultats sous forme d'animations (films) ou de cartes facilitant la communication.

Les modèles numériques (tous types confondus) présentent cependant certaines limites, qui sont généralement de second ordre mais qui nécessitent une attention dans le processus d'étude :

- différents processus naturels complexes (évolutions du fond du lit mineur, écoulements sur pente forte, etc.) sont généralement hors du domaine de validité des modèles ;
- les modélisations nécessitent des données d'entrée de bonne qualité (comme pour toute méthode) ;
- les modélisations numériques discrétisent l'espace et le temps : elles correspondent nécessairement à une représentation simplifiée des écoulements (simplification des caractéristiques géométriques et des lois physiques), et ne prennent pas en compte certains phénomènes (comme toute méthode).

En fonction des caractéristiques du secteur, certains modèles hydrauliques peuvent être plus adaptés que d'autres pour l'évaluation des niveaux d'aléa. Le service instructeur du PPRi définit, avec l'appui éventuel du bureau d'études chargé de l'élaboration de la carte d'aléa, le ou les types de modèles à utiliser. Pour cela, il peut s'appuyer, entre autres, sur le tableau indicatif ci-dessous qui synthétise les caractéristiques usuellement associées aux différents types de modèles.

	Modèles 1D filaire	Modèles 1D casier	Modèles 2D	Modèles 1D/2D
Données d'entrée	Pour les différents types de modélisation, le même type de données d'entrées est nécessaire, mais à des résolutions spatiales souvent différentes (moins précis pour le 1D) : <ul style="list-style-type: none"> ● construction du modèle : topographie et bathymétrie (à partir de profils en travers et d'un modèle numérique de terrain), occupation des sols (pour définir la rugosité), etc. ● conditions limites : débits (hydrogrammes), hauteurs d'eau, marégrammes, éventuellement pluviométrie. 			
Variables de sortie (liste non exhaustive) Suivant les types de modélisation, ces variables peuvent ne pas être disponibles sur tous les secteurs du territoire d'étude	Variables de sortie communes à l'ensemble des types de modèles :			
	<ul style="list-style-type: none"> ● vitesse (verticale) de montée des eaux (en m/h) ; ● vitesse d'écoulement maximale durant l'évènement (en m/s). 	<ul style="list-style-type: none"> ● volumes stockés dans les casiers ; ● durée de l'inondation. 	<ul style="list-style-type: none"> ● vitesse (verticale) de montée des eaux (en m/h) ; ● vitesse d'écoulement maximale durant l'évènement (en m/s). ● durée de l'inondation ; ● débit linéique (en m²/s ou m³/s par mètre linéaire)¹³⁶ ; ● éventuellement : charge hydraulique¹³⁷. 	<ul style="list-style-type: none"> ● vitesse (verticale) de montée des eaux (en m/h) ; ● vitesse d'écoulement maximale durant l'évènement (en m/s). ● durée de l'inondation ; ● débit linéique (en m²/s ou m³/s par mètre linéaire).

136. Cette variable fournit une information synthétique regroupant hauteurs et vitesses d'écoulement. Elle peut être intéressante par exemple pour étudier les ruissellements. Son utilisation nécessite toutefois d'utiliser des classes adaptées.

137. La hauteur de charge hydraulique correspond à l'énergie mécanique. Elle est définie par $H = h + V^2/2g + z$ avec h la hauteur d'écoulement (m), V la vitesse moyenne dans la lame d'eau (m/s), g l'accélération de la pesanteur (9.81 m/s²) et z la cote du fond du lit (m).

	Modèles 1D filaire	Modèles 1D casier	Modèles 2D	Modèles 1D/2D
Complexité hydraulique du site d'étude	<ul style="list-style-type: none"> ● cours d'eau à géométrie simple ; ● prise en compte des obstacles aux écoulements. 	<ul style="list-style-type: none"> ● zones de stockage du secteur d'étude ; ● prise en compte des obstacles aux écoulements. 	<ul style="list-style-type: none"> ● géométries complexes modélisables ; ● prise en compte des obstacles aux écoulements ; ● prise en compte des bâtiments. 	<ul style="list-style-type: none"> ● prise en compte des obstacles aux écoulements ; ● prise en compte des bâtiments.
Avantages	Avantage commun aux différents modèles :			
	<ul style="list-style-type: none"> ● possibilité d'évaluer le champ d'inondation d'une crue ancienne dans les conditions de l'époque et dans les conditions actuelles si celles-ci ont évolué. 			
	Avantages communs aux différents modèles 1D : <ul style="list-style-type: none"> ● rapidité de mise en place ; ● rapidité des temps de calcul ; ● représentation correcte des débits et niveaux des cours d'eau. 		<ul style="list-style-type: none"> ● cohérence des résultats de modélisation de différents sous-scénarios ; ● nombreuses variables de sorties (notamment vitesses d'écoulement, cartes des hauteurs d'eau, etc.) ; ● pas de chemin préférentiel d'écoulement à définir <i>a priori</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ● reprend les avantages des méthodologies 1D et 2D.
Inconvénients	Inconvénients communs aux différents modèles :			
	<ul style="list-style-type: none"> ● les modélisations hydrauliques ne permettent pas, dans le cas général, d'appréhender les évolutions morphologiques ni les éventuels transports solides. En fonction de la nature du sol, des affouillements peuvent apparaître si la vitesse d'écoulement dépasse 2 à 3 m/s. Une vigilance particulière est donc à apporter sur les secteurs où les vitesses d'écoulement issues de modélisations atteignent ces seuils, car des érosions non modélisées, potentiellement importantes, peuvent y survenir ; ● la gamme de validité de la plupart des modèles se limite aux pentes faibles (inférieures à 1,5 à 2 %). 			

Tableau 4 : comparaison des différents types de modèles numériques hydrauliques.

Les cas d'usage des modélisations hydrauliques numériques

Hors cas très particulier, des cartes d'aléa des PPRi par débordement de cours d'eau sont réalisées par modélisation hydraulique numérique.

La modélisation fine, souvent avec un modèle 2D, se justifie généralement dans les zones urbanisées, dans la mesure où elle permet :

- d'acquérir des résultats de vitesses d'écoulement ;
- de représenter un système hydraulique spécifique (surverse, écoulements sur les routes, confluence, défluence, ruptures de digues, etc.) ;
- de représenter des écoulements complexes générés par les écoulements en site urbain dense ;
- d'apporter des précisions sur les conditions locales d'écoulement.

Dans les secteurs concernés par les petits cours d'eau où les enjeux sont limités (zones non urbanisées notamment), une modélisation 1D peut également être pertinente. En particulier, les modèles 1D-filaires peuvent évaluer rapidement les classes de vitesses de montée des eaux.

3.2.4.1.2. La méthode hydrogéomorphologique

Définition

L'analyse **hydrogéomorphologique** est une approche naturaliste qui consiste à décrire les unités morphologiques façonnées par les cours d'eau au fur et à mesure des crues successives à partir d'interprétations du relief et des formes, de photographies aériennes et d'observations directes sur le terrain. Cette analyse des traces morphologiques permet de comprendre le fonctionnement des cours d'eau dans un bassin versant.

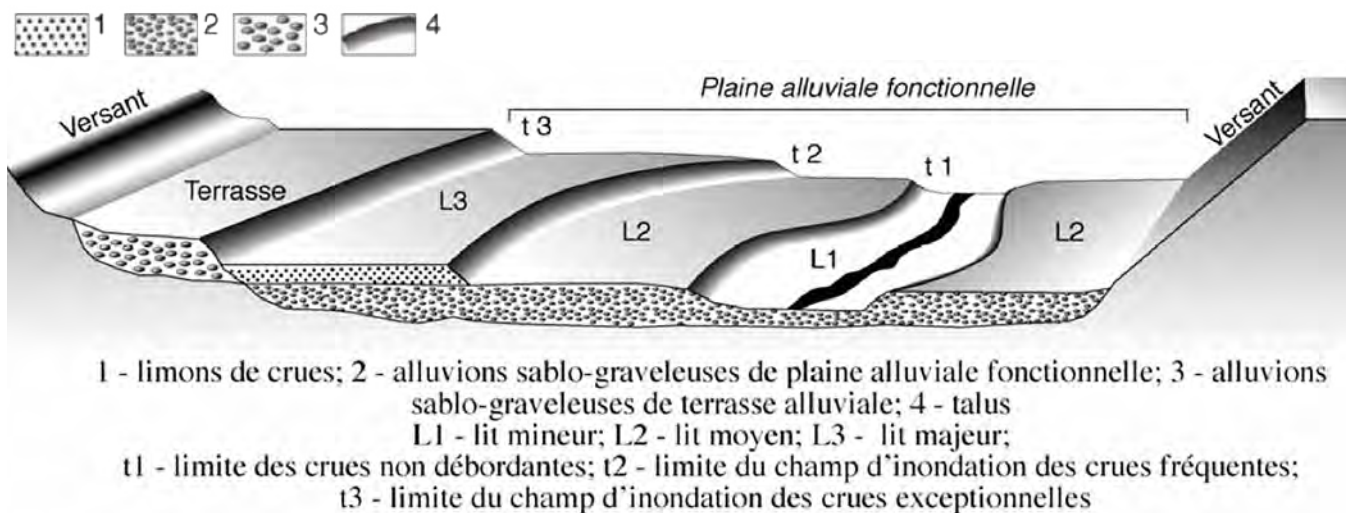


Illustration 25 : coupe transversale d'une vallée mettant en relation la plaine alluviale, les terrasses anciennes et les versants (d'après Masson *et al.*, 1996).

Les avantages et inconvénients de la méthode hydrogéomorphologique

Cette méthode présente certains avantages :

- rapidité de mise en œuvre (environ 10 % du temps nécessaire à une modélisation numérique) ;
- facilité de communication, notamment pour sensibiliser la population.

Cette méthode présente toutefois des limites :

- la période de retour de la crue à l'origine de l'inondation cartographiée n'est pas définie. Cette méthode permet seulement de distinguer les zones concernées par les crues fréquentes et les zones uniquement submergées par les crues les plus rares ;
- la méthode ne permet pas de quantifier précisément les hauteurs d'eau et les dynamiques, et a fortiori les niveaux d'aléa ;
- la faisabilité de cette méthode repose sur la possibilité de lire la morphologie de la vallée. Elle est par exemple peu applicable dans le cas de vallées planes étendues où la limite du lit majeur est difficilement perceptible, ainsi que dans les secteurs où la topographie a été fortement remaniée ;
- elle ne permet pas de quantifier les conséquences des éléments anthropiques perturbant le fonctionnement hydraulique d'une vallée.

Les cas d'usages de la méthode hydrogéomorphologique

Cette méthode permet principalement :

- de déterminer les zones inondables exposées à des crues fréquentes, moyennes ou exceptionnelles (lit mineur et majeur), ainsi que les secteurs qui ne sont jamais submergés (terrasses anciennes) ;
- de délimiter les espaces de mobilité des chenaux fluviaux (lits anciens des cours d'eau, bras morts, etc.), qui peuvent devenir des zones d'écoulements préférentiels.

La méthode hydrogéomorphologique ne peut pas être employée seule pour élaborer la cartographie de l'aléa de référence. Elle est généralement utilisée en première approche lors de la phase d'analyse des phénomènes naturels ([voir partie 3.2.2](#)), et pour interpréter et expertiser des résultats de simulations.

Elle peut être utilisée, de manière exceptionnelle, pour déterminer l'aléa de référence pour le débordement de cours d'eau sur certains secteurs à faibles ou sans enjeu (2^e alinéa de l'article R. 562-11-3 du code de l'environnement). Ces secteurs étant a priori des zones non urbanisées, les constructions nouvelles ont vocation à y être interdites dès lors qu'ils sont inondables. Il peut s'agir de secteurs en amont du bassin versant ou de secteurs liés à certains affluents¹³⁸. La détermination quantitative précise des hauteurs et dynamiques par une modélisation ne se justifie pas dans ces cas au nombre très limité.

Cependant, même sur ces secteurs sans enjeu au moment de l'élaboration du plan, des exceptions à l'interdiction, par exemple pour des bâtiments agricoles, peuvent être rendues possibles par le PPRI. **Une connaissance minimale des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement est alors nécessaire pour adapter les projets éligibles au niveau d'aléa.** Une modélisation simplifiée permet alors généralement de définir les niveaux de rehausse pour d'éventuels aménagements ou constructions autorisés.

3.2.4.1.3. La reconstitution d'un évènement historique

Définition

Cette méthode consiste à déterminer l'emprise de la zone inondable et à qualifier les niveaux d'aléa à partir de la documentation disponible relative à un (ou plusieurs) évènement(s) historique(s) :

- photographies au sol, aériennes et/ou par satellites, films ;
- hauteurs d'eau relevées aux stations limnimétriques (lit mineur), repères de crue (lit majeur), lignes d'eau de référence relevées (altitude maximale atteinte par les crues historiques en différents points de la vallée), etc.

Les données historiques, généralement ponctuelles, sont interpolées et extrapolées pour construire une carte des hauteurs d'eau par unité hydrogéomorphologique et par tronçon homogène de la vallée. Pour cela, différents aspects sont analysés, notamment la représentativité des repères de crues (qui peuvent ne couvrir que partiellement l'emprise inondable), ou l'évolution des hauteurs d'eau d'amont en aval, en tenant compte en particulier des confluences.

Les avantages et inconvénients de la reconstitution d'un évènement historique

Cette méthode, rapide, permet de disposer d'une référence commune sur le territoire du PPRI et constitue un outil pédagogique et d'acculturation au risque d'inondation.

La « méthode historique » présente cependant certains inconvénients :

- les informations disponibles sont souvent limitées, notamment en présence de systèmes d'endiguement et d'obstacles à l'écoulement, car leur comportement lors de l'évènement historique n'est pas nécessairement représentatif de tous ceux à retenir dans la carte d'aléa de référence. Leur présence nécessite généralement l'étude complémentaire de plusieurs (sous-)scénarios ;
- elle ne permet pas toujours aisément de quantifier les vitesses d'écoulement (et *a fortiori* la dynamique) nécessaire à l'estimation des niveaux d'aléa ;
- les conditions d'écoulement ont pu sensiblement évoluer depuis la date de la crue historique, qui n'est ainsi pas toujours représentative d'une crue qui se produirait dans la configuration actuelle du bassin versant.

Les cas d'usage de la reconstitution d'un évènement historique

La reconstitution d'un évènement historique est possible dans le cas où l'évènement de référence du PPRI correspond à une crue historique très documentée. Cette approche est généralement à compléter par des modélisations numériques, ne serait-ce que pour prendre en compte des sous-scénarios complémentaires.

3.2.4.1.4. La complémentarité entre les différentes méthodes

L'élaboration des cartes d'aléa repose sur des modélisations hydrauliques numériques, cette approche quantitative permettant plus facilement d'être compatible avec les dispositions du code de l'environnement. Un **éclairage qualitatif** est toutefois toujours bénéfique, notamment pour expertiser les sorties du modèle.

De manière générale, les trois types de méthodes décrites précédemment constituent un cheminement méthodologique, tirant bénéfice de la complémentarité entre les approches quantitatives et qualitatives.

138. Dans le cas où cette méthode est retenue pour certains affluents en complément d'une modélisation hydraulique, il convient de veiller aux connexions hydrauliques avec la partie modélisée et aux hypothèses de débits de ces affluents dans la modélisation.

Pour chaque site, un optimum est à rechercher entre d'une part les moyens d'étude disponibles, et d'autre part l'importance des aléas, des enjeux ou des incertitudes.

L'illustration 26 synthétise l'articulation entre les différentes méthodes de caractérisation des aléas.

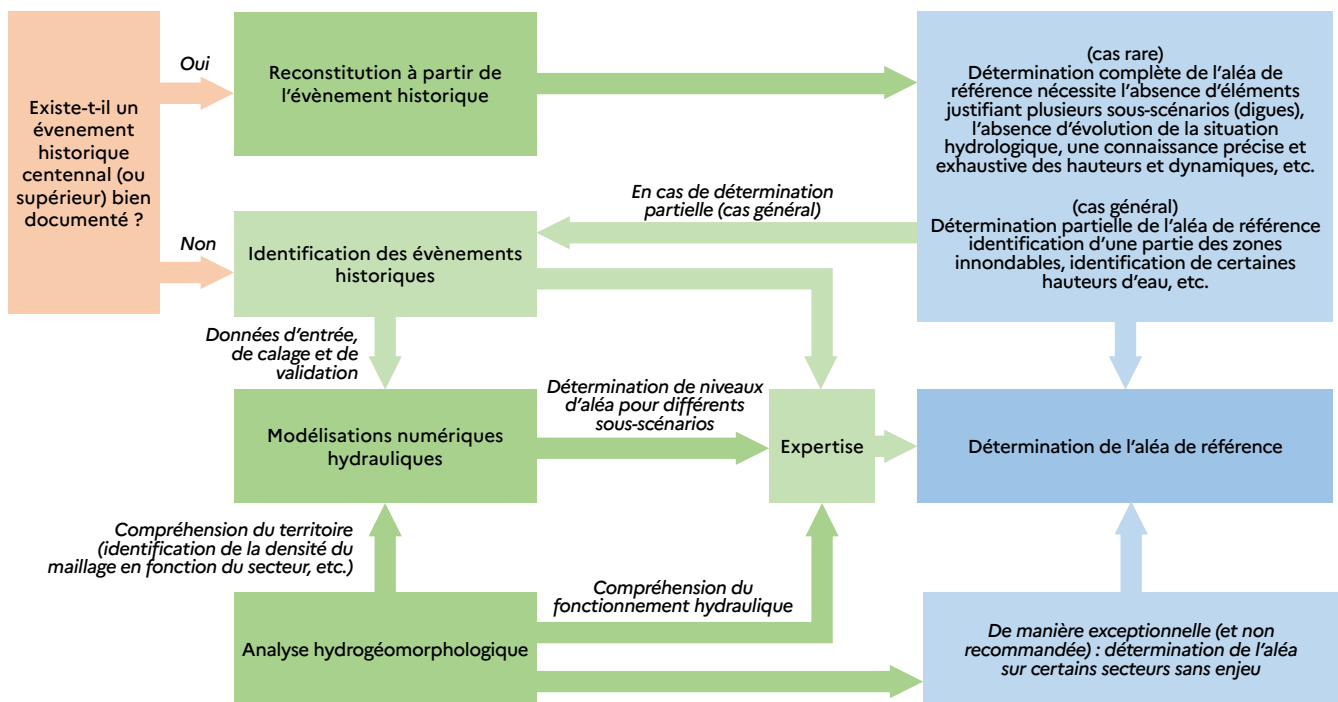


Illustration 26 : articulation entre les différentes méthodes de caractérisation de l'aléa.

3.2.4.2. Les niveaux de l'aléa

3.2.4.2.1. Le principe général

Pour les débordements de cours d'eau, **un niveau d'aléa sur un secteur traduit de manière synthétique l'intensité¹³⁹ de l'inondation** sur ce secteur en cas de survenue du scénario considéré. L'intensité reflète un niveau de dommages prévisibles sur des enjeux-types en cas d'atteinte. Pour les cours d'eau non torrentiels, elle est évaluée à travers le prisme de l'écoulement générant la submersion des terrains : **hauteur d'eau et dynamique liée à la combinaison de la vitesse d'écoulement de l'eau et de la vitesse de montée des eaux¹⁴⁰**.

3.2.4.2.2. Les hauteurs d'eau

La hauteur d'eau en un point, exprimée en mètres¹⁴¹, correspond à la différence entre la cote d'eau maximale durant l'évènement et l'altitude du terrain naturel en ce point. À de très rares exceptions près, elle est estimée de manière quantitative.

La détermination des niveaux d'aléa nécessite de distinguer au minimum les classes de hauteurs d'eau suivantes : de 0 à 0,5 m, de 0,5 à 1 m, de 1 à 2 m, et plus de 2 m (voir partie 3.2.4.2.4.). Il est toutefois utile d'évaluer les hauteurs d'eau plus finement¹⁴², par exemple pour définir des prescriptions de surélévation adaptées ou pour identifier des secteurs où les hauteurs d'eau sont « extrêmement faibles ».

¹³⁹. Pour d'autres aléas, l'estimation du niveau d'aléa peut intégrer d'autres notions que l'intensité, comme par exemple la probabilité d'atteinte pour les cours d'eau torrentiels.

¹⁴⁰. D'autres variables pourraient théoriquement compléter cette définition de l'intensité (affouillements, dépôts, impacts, durée, etc.) mais leur prise en compte n'est pas règlementairement demandée. Un niveau d'aléa peut toutefois parfois être revu à la hausse si un de ces critères traduit un facteur aggravant qui ne peut pas être ignoré. En particulier, la durée de l'inondation peut être utile à qualifier, bien qu'elle ne serve pas à la qualification de la dynamique. Les inondations de longue durée peuvent en effet avoir des conséquences lourdes en termes de dommages aux biens et de retour à la normale. La durée de l'inondation peut également être prise en compte pour définir des prescriptions adaptées ou pour évaluer la réduction de la vulnérabilité dans le cadre des opérations de renouvellement urbain.

¹⁴¹. Avec décimales

¹⁴². Tout en restant dans des niveaux de précision cohérents avec les incertitudes de la méthode utilisée.



Illustration 27 : exemples d'inondations avec des hauteurs d'eau limitées à très importantes ; de gauche à droite : Bergerac en juin 2018 (Source : Mairie de Bergerac), Salies-de-Béarn en juin 2018 (Source : Cerema Sud-Ouest) et Rivière Salée en novembre 2015 (Source : DEAL Martinique).

Précisions sur les hauteurs d'eau « extrêmement faibles »

Dans le cas d'une hauteur d'eau inférieure à 0,5 mètre et d'une dynamique rapide, le niveau de l'aléa de référence peut, pour des hauteurs extrêmement faibles, être qualifié de modéré (article 2 de l'arrêté du 5 juillet 2019, voir partie 3.2.4.2.4).

Il revient au service instructeur du PPRi souhaitant recourir à cette possibilité de fixer la valeur du plafond de hauteur d'eau « extrêmement faible », et de la justifier au regard des spécificités du territoire. Ce seuil est à définir en cohérence avec le danger pour les enjeux, et en premier lieu avec la sécurité des personnes exposées. Lorsque la dynamique rapide correspond à des vitesses d'écoulement limitées, il est recommandé de ne pas dépasser 20 cm¹⁴³. Pour des vitesses d'écoulement supérieures à 3 m/s, il est recommandé de ne pas recourir à une telle adaptation.

3.2.4.2.3. Les dynamiques

Les dynamiques doivent être systématiquement appréciées à partir d'un croisement entre les vitesses d'écoulement et les vitesses de montée des eaux.

Les vitesses d'écoulement

La vitesse d'écoulement en un point, notée v_e dans la suite de ce document, correspond à la vitesse maximale du courant¹⁴⁴ en ce point durant l'évènement. Elle peut être qualifiée de la manière suivante :

- vitesse d'écoulement faible (stockage) : $0 < v_e < 0,2$ m/s
- vitesse d'écoulement moyenne (écoulement) : $0,2 < v_e < 0,5$ m/s
- vitesse d'écoulement élevée (fort écoulement) : $v_e > 0,5$ m/s

Ces seuils recommandés sont indicatifs.



Illustration 28 : vitesses d'écoulement élevée à Salies-de-Béarn en juin 2018 (Source : « Sud-Ouest », Roselyne Montagut).

¹⁴³. Une hauteur d'eau de 20 cm peut déjà représenter un danger, notamment pour les personnes les plus vulnérables. Par ailleurs, l'identification d'une classe de hauteur d'eau avec ce niveau de précision nécessite un modèle numérique de terrain d'une grande finesse.

¹⁴⁴. Le courant considéré est usuellement le courant moyen sur l'ensemble de la colonne d'eau correspondant à ce point.

Les vitesses d'écoulement sont généralement plus difficiles à quantifier que les hauteurs d'eau et peuvent nécessiter le recours à une modélisation numérique bidimensionnelle. **Dans les configurations où les incertitudes des résultats de modélisation sont trop élevées, il convient de compléter le résultat du modèle par une appréciation qualitative (« rapide », « moyenne » ou « lente »).**

Les vitesses de montée des eaux

La vitesse de montée des eaux sur un secteur inondé est la vitesse moyenne, sur un intervalle de temps adapté (voir ci-après), avec laquelle la hauteur d'eau croît sur ce secteur. Elle est notée v_m dans la suite de ce document. Elle est de l'ordre de plusieurs décimètres par heure dans le cas des inondations rapides, et de quelques centimètres par heure dans le cas d'inondations lentes.

Une **montée des eaux rapide est un facteur aggravant** pour les personnes et les biens exposés. Elle limite les possibilités d'évacuation et peut générer des situations critiques, par exemple lorsqu'un individu surpris par la soudaineté des débordements n'a pas le temps de rejoindre une position sécurisée adaptée à l'attente de secours, et se retrouve dans des conditions d'écoulement le mettant en danger. Par ailleurs, une montée rapide des eaux ne laisse généralement pas le temps de mettre les biens hors d'eau ou de démonter des équipements, et a ainsi des conséquences directes sur l'importance et le coût des dommages.

Le seuil entre une vitesse de montée des eaux faible et une vitesse de montée élevée est généralement estimé entre 0,2 m/h et 0,4 m/h.

Le service instructeur du PPRi définit, avec l'appui du bureau d'étude chargé de l'élaboration de la carte d'aléa, la méthode de qualification de la vitesse de montée des eaux en la justifiant au regard du contexte local.

L'analyse du fonctionnement d'un secteur et des événements historiques permet de définir qualitativement des zones où la vitesse de montée des eaux est importante. Il s'agit par exemple :

- des secteurs à proximité des zones de débordement des cours d'eau à crue rapide ;
- des secteurs à l'arrière des ouvrages de protection et des obstacles à l'écoulement, dont la rupture peut rapidement entraîner une arrivée d'eau massive¹⁴⁵ ;
- des zones en cuvette, où l'absence d'exutoire favorise une montée rapide des hauteurs d'eau.

En dehors de ces cas, une analyse quantitative s'appuyant sur les résultats de modélisations hydrauliques¹⁴⁶ est préférable pour distinguer la limite entre les zones où les vitesses de montée des eaux sont faibles et celles où elles sont élevées. La vitesse de montée des eaux moyenne en un point P, notée $v_m(P)$, se définit comme $v_m(P) = (h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)$, où t_1 et t_2 sont deux instants tels que $t_2 > t_1$ et qui définissent un intervalle de temps durant lequel la hauteur d'eau au point P passe de h_1 à h_2 .

Le choix des instants t_1 et t_2 dépend des outils utilisés et des facteurs locaux (topographie, etc.). Il est recommandé de définir les instants t_1 et t_2 de manière à ce qu'ils correspondent à une durée inférieure à la durée totale de montée des eaux et soient représentatifs de la phase de montée (par exemple, pour estimer la vitesse de montée entre une hauteur d'eau de 0,1 mètre, représentant le début du débordement, et une hauteur de 0,5 mètre, représentant une hauteur « dangereuse »).

Les dynamiques

La dynamique liée à la combinaison de la vitesse d'écoulement de l'eau et de la vitesse de montée des eaux est qualifiée suivant au moins deux classes : « lente » et « rapide ». Une classe intermédiaire « moyenne » peut être ajoutée si nécessaire (article 2 de l'arrêté du 5 juillet 2019).

Il revient au service instructeur du PPRi de définir les modalités de qualification des niveaux de dynamique en fonction des vitesses d'écoulement et des vitesses de montée des eaux en les justifiant au regard du contexte local. Les modalités suivantes peuvent être retenues pour qualifier la dynamique d'écoulement.

¹⁴⁵. Dans ce cas, les zones à vitesse de montée des eaux élevée n'ont a priori pas la même extension géographique que les bandes de précaution définies en arrière des ouvrages (elle peuvent être plus larges).

¹⁴⁶. Voir le tableau 4 pour identifier les types de modèles adaptés. Dans la mesure où l'objectif est ici seulement de déterminer le caractère rapide ou lent de la montée des eaux, des approches quantitatives simples (modèles 1D par exemple) sont souvent suffisantes.

		Vitesse de montée des eaux (v_m)	
		Faible (montée lente) (par exemple $v_m < 0,3$ m/h*)	Élevée (montée rapide) (par exemple $v_m > 0,3$ m/h*)
Vitesse d'écoulement (v_e)	Faible (écoulement lent) (par exemple $0 < v_e < 0,2$ m/s)	Dynamique lente	Dynamique moyenne ou rapide ¹⁴⁷
	Moyenne (par exemple $0,2$ m/s $< v_e < 0,5$ m/s)	Dynamique moyenne	Dynamique rapide
	Élevée (écoulement rapide) (par exemple $0,5$ m/s $< v_e$)	Dynamique rapide	Dynamique rapide

* valeur à adapter aux circonstances locales.

Tableau 5 : niveaux indicatifs de dynamique en fonction des vitesses d'écoulement et des vitesses de montée des eaux.

À hauteur d'eau constante, le caractère moyen ou rapide de la dynamique a des conséquences réglementaires importantes¹⁴⁸. Une attention particulière est ainsi à apporter à la détermination des seuils et à l'estimation de la vitesse d'écoulement et de montée des eaux pour les secteurs de transition entre une dynamique moyenne (ou lente si deux niveaux seulement sont retenus) et une dynamique rapide.

3.2.4.2.4. La qualification des niveaux d'aléa

Les modalités de qualification des niveaux de l'aléa de référence sont précisées dans l'article 2 de l'arrêté du 5 juillet 2019¹⁴⁹. Une approche simplifiée avec deux classes de dynamique peut être retenue lorsque les incertitudes sur les hauteurs d'eau, vitesses d'écoulements et vitesses de montée des eaux sont importantes ou que les enjeux en présence ne nécessitent pas une approche fine.

		Dynamique	
		Dynamique lente	Dynamique rapide
Hauteur (H)	H < seuil de hauteurs extrêmement faibles ¹⁵⁰	Faible	Modéré ou Fort
	seuil « extrêmement faible » < H < 0,5 mètre		Fort
	H < 1 mètre	Modéré	Fort
	1 < H < 2 mètres	Fort	Très fort
	H > 2 mètres	Très fort	Très fort

Tableau 6 : modalités de qualification des niveaux d'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau (pour deux niveaux de dynamique, cas général hors spécificités relatives aux ouvrages faisant obstacles à l'écoulement). (D'après l'arrêté du 5 juillet 2019).

Dans les autres cas, il est recommandé de retenir une approche avec trois classes de dynamique.

147. Le service instructeur du PPRi peut retenir une dynamique moyenne dans ce cas de figure si les hauteurs d'eau sont faibles, au regard de la courte période de montée des eaux et des capacités de déplacement des personnes (voir tableau 8) dans cette configuration. Une attention particulière sera alors apportée aux prescriptions associées (voir partie 5.1.1).

148. En effet, l'objectif premier des PPRi est la préservation des vies humaines, et une dynamique rapide est de nature à la menacer. Ainsi, lorsque la dynamique passe de moyenne à rapide :

- pour les secteurs où la hauteur d'eau est inférieure à 1 m : l'aléa passe de modéré (autorisations sous prescriptions en zones urbanisées) à fort (principe général d'interdiction) ;

- pour les secteurs où la hauteur d'eau est comprise entre 1 et 2 m : l'aléa passe de fort (autorisations sous prescriptions en dents creuses des centres urbains) à très fort (interdictions en dents creuses).

149. Arrêté du 5 juillet 2019 relatif à la détermination, qualification et représentation cartographique de l'aléa de référence et de l'aléa à échéance 100 ans s'agissant de la submersion marine, dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine ».

150. Des éléments d'éclairage sur les « hauteurs extrêmement faibles » sont apportés en partie 3.2.4.2.2.

		Dynamique		
		Dynamique lente	Dynamique moyenne	Dynamique rapide
Hauteur (H)	H < seuil de hauteurs extrêmement faibles	Faible	Modéré	Modéré ou Fort
	seuil « extrêmement faible » < H < 0,5 mètre			Fort
	H < 1 mètre	Modéré	Modéré	Fort
	1 < H < 2 mètres	Fort	Fort	Très fort
	H > 2 mètres	Très fort	Très fort	Très fort

Tableau 7 : modalités de qualification des niveaux d'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau (pour trois niveaux de dynamique, cas général hors spécificités relatives aux ouvrages faisant obstacles à l'écoulement). (D'après l'arrêté du 5 juillet 2019).

Sont par ailleurs classés en niveau d'aléa « très fort » :

- les zones en bande de précaution à l'arrière des ouvrages faisant obstacle aux écoulements, présentées [en partie 3.2.4.3](#) ;
- le lit mineur (jusqu'au sommet des berges) ;
- l'emprise des ouvrages définis [en partie 3.2.3.2.2](#).

L'annexe 7.2 propose des clés pour appréhender les niveaux d'aléa en fonction des hauteurs et des vitesses d'écoulement pour différentes classes de vitesse de montée des eaux, cette représentation pouvant être utile en pratique.

3.2.4.2.5. Les dommages potentiels sur les enjeux

Les niveaux d'aléa correspondent à des classes d'intensité qui traduisent approximativement le « potentiel de dommages » de l'évènement sur des enjeux-types.

L'illustration 29 donne par exemple des clés pour appréhender les capacités de déplacement des personnes en zone inondée.

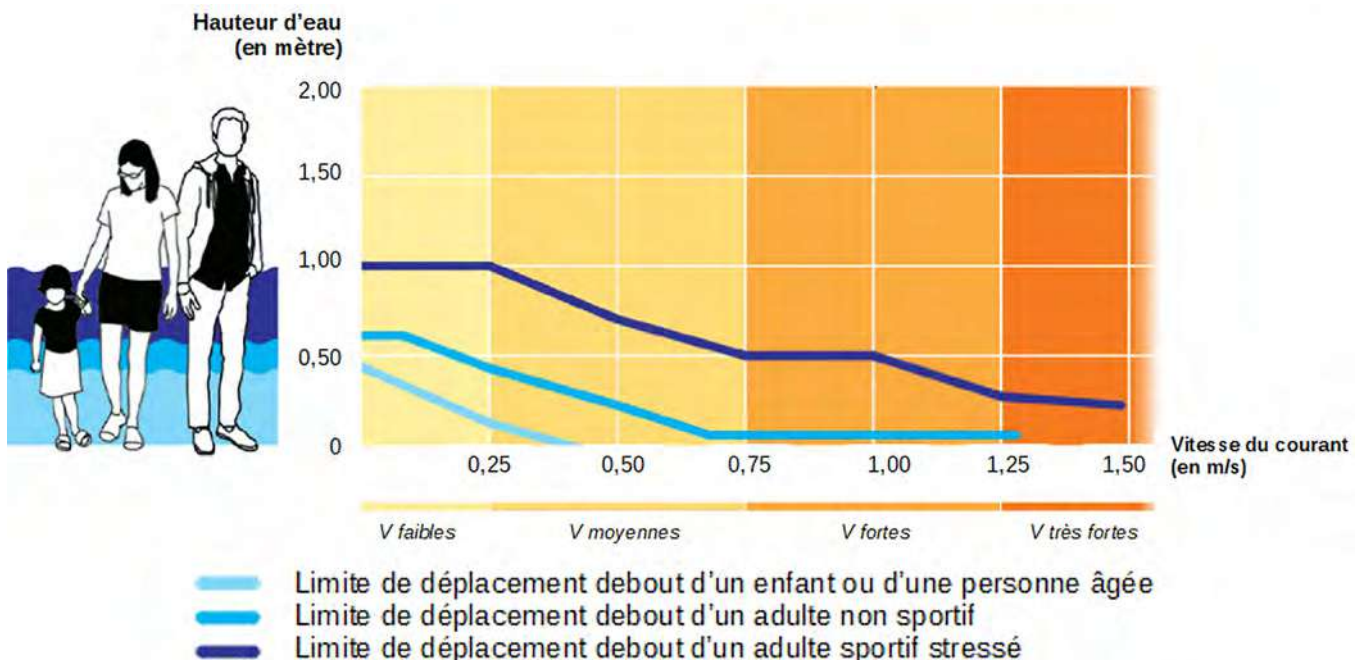


Illustration 29 : possibilité de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement (source : direction départementale de l'équipement du Vaucluse, repris dans la note complémentaire PPR inondation – Ruissellement urbain, (MEDD, 2004)).

Le tableau ci-dessous synthétise des effets prévisibles des niveaux d'aléa sur différents enjeux-type. **Le service chargé de l'élaboration du plan peut s'appuyer sur ces éléments pour consolider le choix des seuils de vitesses de montée des eaux et de vitesse d'écoulement définissant les niveaux de dynamique.**

	Niveaux d'aléa			
	Très fort	Fort	Modéré	Faible
Personnes	La probabilité de décès des piétons en extérieur est quasi-certaine.	Les déplacements dans les écoulements sont quasi-impossibles pour les piétons. La probabilité de décès est élevée.	La capacité de déplacement des « adultes sportifs » est réduite. Pour les autres piétons, la probabilité de se faire emporter par les écoulements est élevée.	La mobilité des personnes est globalement possible. Les personnes vulnérables se retrouvent toutefois en difficulté.
Véhicules	La mobilité de tout type de véhicules est impossible dans l'écoulement.	La mobilité des véhicules lourds d'intervention est très difficile. Les voitures sont emportées.	Les voitures sont instables et souvent emportées. La mobilité est possible, mais très difficile, pour les engins de terrassement ou pour certains véhicules lourds tout-terrains.	La mobilité des véhicules est difficile. Il est fortement déconseillé de se déplacer en voiture.
Bâtiments	Les dégâts sont majeurs dans les bâtiments « renforcés ». Les bâtiments « standard » sont détruits. La ruine des constructions peut intervenir du fait de contraintes dynamiques des écoulements, par impact sur les façades et/ou par sapement des fondations (notamment sur les angles des bâtiments où les écoulements se concentrent).	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement et les matériaux charriés peuvent endommager gravement des façades et les structures non renforcées, mais sont insuffisantes pour endommager structurellement des façades renforcées. La protection contre l'inondation nécessite des mesures coûteuses. Les dommages intérieurs sont importants.	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement sont modérées et n'endommagent pas les façades ni les structures, même non renforcées. Des dégâts peuvent apparaître sur les bâtis fragiles. L'activité ou les usages sont perturbés (eaux pénétrant dans les bâtiments, jardins endommagés, etc.) et les dommages intérieurs peuvent être importants.	Les contraintes dynamiques imposées par l'écoulement sont faibles et n'endommagent pas les façades ni, en général, les ouvertures. L'activité ou les usages peuvent toutefois être perturbés (eaux pénétrant dans les bâtiments, jardins endommagés, etc.).

	Niveaux d'aléa			
	Très fort	Fort	Modéré	Faible
Infrastructures, ouvrages et équipements (pylônes, captages, etc.)	Les routes, infrastructures, ouvrages et équipements faisant obstacle aux divagations sont considérablement endommagés.	Les dégâts aux routes, infrastructures, ouvrages et équipements restent modérés ou ponctuels et leur remise en service peut nécessiter quelques jours.	Les routes, infrastructures, ouvrages et équipements peuvent être submergés mais sans endommagement structurel hors ravinements légers sur les chaussées non protégées et avec possibilité de remise en service rapide.	Les routes, infrastructures, ouvrages et équipements peuvent être submergés, mais sans endommagement structurel et avec possibilité de remise en service rapide.
Espaces naturels et agricoles	Les écoulements peuvent conduire à de profonds remaniements des terrains exposés.	Les phénomènes d'engravement ou d'érosion des espaces naturels et agricoles restent d'ampleur modérée (moins de 1 m soit en exhaussement soit en affouillement).	Les écoulements prévisibles sont de hauteur limitée. Les dépôts peuvent être boueux mais sans matériaux de plus de 10 cm. Les affouillements prévisibles sont faibles.	Les espaces naturels et agricoles peuvent être recouverts de dépôts boueux, mais sans matériaux de plus de 10 cm. Les affouillements prévisibles sont marginaux.

Tableau 8 : correspondance entre niveau d'aléa et dommages prévisibles sur des « enjeux-type ».

3.2.4.3. Les bandes de précaution

Pour rappel, la défaillance des ouvrages faisant obstacle à l'écoulement, y compris des systèmes d'endiguement, ne peut pas être écartée sur le long terme, quel que soit leur niveau de protection ([voir partie 3.2.3.2.2](#)). La rupture d'un ouvrage peut alors exposer le secteur en aval à des niveaux d'aléa supérieurs à ceux que le même évènement aurait engendré en cas d'absence de l'ouvrage : on parle de « sur-aléa ».

La prise en compte de ces défaillances dans les PPRi se fait en intégrant :

- d'une part des **sous-scénarios de brèche et/ou d'effacement** ([voir partie 3.2.3.2](#)), qui précisent les niveaux d'aléa à distance des ouvrages, sur les secteurs de validité des modélisations ;
- et d'autre part **des bandes de précaution**, qui font l'objet des développements de cette partie.

3.2.4.3.1. Pourquoi des bandes de précaution ?

Des écoulements très complexes en cas de rupture d'ouvrage

L'aléa hydraulique dans la brèche et à l'arrière immédiat de l'ouvrage est très spécifique. Les écoulements, multidirectionnels, sont caractérisés par des hauteurs d'eau importantes et des vitesses de plusieurs mètres par seconde du fait de la concentration des écoulements.

Lors de l'ouverture de la brèche, les écoulements peuvent être chargés en matériaux solides, du fait de l'érosion de l'ouvrage et du terrain naturel. Les écoulements ont alors une densité supérieure à celle de l'eau, ce qui augmente leurs capacités destructrices. Cette augmentation de densité permet en outre de transporter de plus gros solides (planches, troncs d'arbre, mais également des cailloux et des structures métalliques) sur de grandes distances avec des vitesses importantes. À titre d'exemple, lors de la brèche de 2013 de Pia sur l'Agly, des enrochements qui se trouvaient en pied de digue (d'une hauteur de 2 mètres) côté fleuve ont été transportés sur une distance de près de 200 mètres.

Ces écoulements sont hors des domaines d'établissement et de validité des outils de modélisation hydrauliques classiques et nécessitent une prise en compte adaptée.

Des fosses d'érosion parfois de grandes dimensions

En plus de l'érosion du remblai lui-même, la formation d'une brèche s'accompagne généralement d'une érosion importante de la fondation de l'ouvrage et du terrain naturel. Celle-ci peut être localisée au droit de l'ouvrage, en amont ou en aval de celle-ci (voir illustrations 18 et 19). Le processus de formation d'une fosse d'érosion dépend largement de la nature géologique du sol, notamment de l'altitude du toit du substratum rocheux considéré comme non érodable et de la résistance à l'érosion, souvent faible, des matériaux alluvionnaires situés entre ce substratum et le remblai de la digue.

En général, les fosses d'érosion présentent une profondeur moyenne allant d'une à deux fois la hauteur de la digue, bien qu'elles puissent parfois être plus profondes. Lors de la brèche de 1856 à Jargeau sur la Loire, une fosse d'érosion de plus de 18 mètres de profondeur par rapport au sommet de la digue haute de 5 mètres a été constatée. Plus récemment, une fosse d'érosion d'une dizaine de mètres de profondeur et d'une cinquantaine de mètres de long a été observée à la suite de la rupture de la digue en rive droite du Petit Rhône en amont de l'autoroute A54, lors de la crue de décembre 2003.

Le lien entre l'étendue et la profondeur des fosses, les caractéristiques géotechniques du sous-sol et de la digue et les sollicitations hydrauliques auxquelles ils sont soumis est encore peu documenté.

Les difficultés de modélisation pour les zones proches des brèches

Les modélisations numériques et les logiciels utilisés par les bureaux d'étude ne sont pas en mesure de représenter l'ensemble des phénomènes physiques susceptibles de s'y produire. Il n'existe pas, au moment de l'élaboration de ce guide, d'outil validé par la communauté scientifique capable de reproduire de manière fiable la complexité de ces écoulements diphasiques et la formation des fosses d'érosion dans l'ensemble des situations possibles. Pour pouvoir simuler ces événements, il faudrait en outre être capable de représenter sur la totalité du linéaire de digue la constitution du sous-sol sur une profondeur significative (au minimum de deux fois la hauteur de la digue).

L'identification de bandes de précaution

Afin de prendre en compte ces phénomènes potentiellement dévastateurs très complexes à qualifier¹⁵¹, des bandes de précaution « forfaitaires », **à classer obligatoirement en zone d'aléa de référence très fort** (article R. 562-11-4 du code de l'environnement) sont systématiquement identifiées à l'arrière des différents rangs des systèmes d'endiguement et à tout ouvrage linéaire susceptible d'être mis en charge (notamment les ouvrages définis [en partie 3.2.3.2.2.](#)).

3.2.4.3.2. La construction des bandes de précaution

La bande de précaution commence au pied de l'ouvrage¹⁵², et sa largeur est par défaut égale à la valeur maximale entre :

- **cent fois la hauteur maximale de mise en charge du fait de la survenance de l'aléa de référence du PPRi^{153 154} ;**
- **50 mètres¹⁵⁵.**

Les secteurs où l'altitude du terrain naturel est supérieure à la cote d'eau de référence correspondante dans le lit mineur sont exclus de la bande de précaution. Dans certaines configurations, la largeur par défaut de la bande de précaution peut ainsi être inférieure aux valeurs ci-dessus.

¹⁵¹. Maîtriser l'urbanisation à proximité immédiate de ces ouvrages permet par ailleurs de faciliter leur accès, notamment pour leur entretien ou en cas de crise.

¹⁵². Il est rappelé que l'emprise de l'ouvrage est également en aléa de référence très fort.

¹⁵³. La hauteur de mise en charge correspond à la différence entre la cote d'eau maximale dans le lit mineur et l'altitude du terrain naturel à son arrière immédiat dans le lit majeur. Dans le cas où cette information n'est pas disponible, prendre par défaut la hauteur de l'ouvrage (différence entre l'altitude de la crête de digue et l'altitude du terrain naturel à l'arrière de l'ouvrage), en géant les incertitudes de mesure dans le sens de la sécurité.

¹⁵⁴. Article R. 562-11-4 du code de l'environnement : « *la largeur de la bande de précaution est égale à cent fois la différence entre la hauteur d'eau maximale qui serait atteinte à l'amont de l'ouvrage du fait de la survenance de l'aléa de référence et le terrain naturel immédiatement derrière lui* ».

¹⁵⁵. Par exemple, si la hauteur de mise en charge est de 2 mètres, la largeur par défaut de la bande de précaution est égale à la valeur maximale entre 100 x 2 m et 50 m, soit 200 mètres. Si la hauteur de mise en charge est de 30 cm, la largeur par défaut de la bande de précaution est égale à la valeur maximale entre 100 x 0.3 m et 50 m, soit 50 mètres.

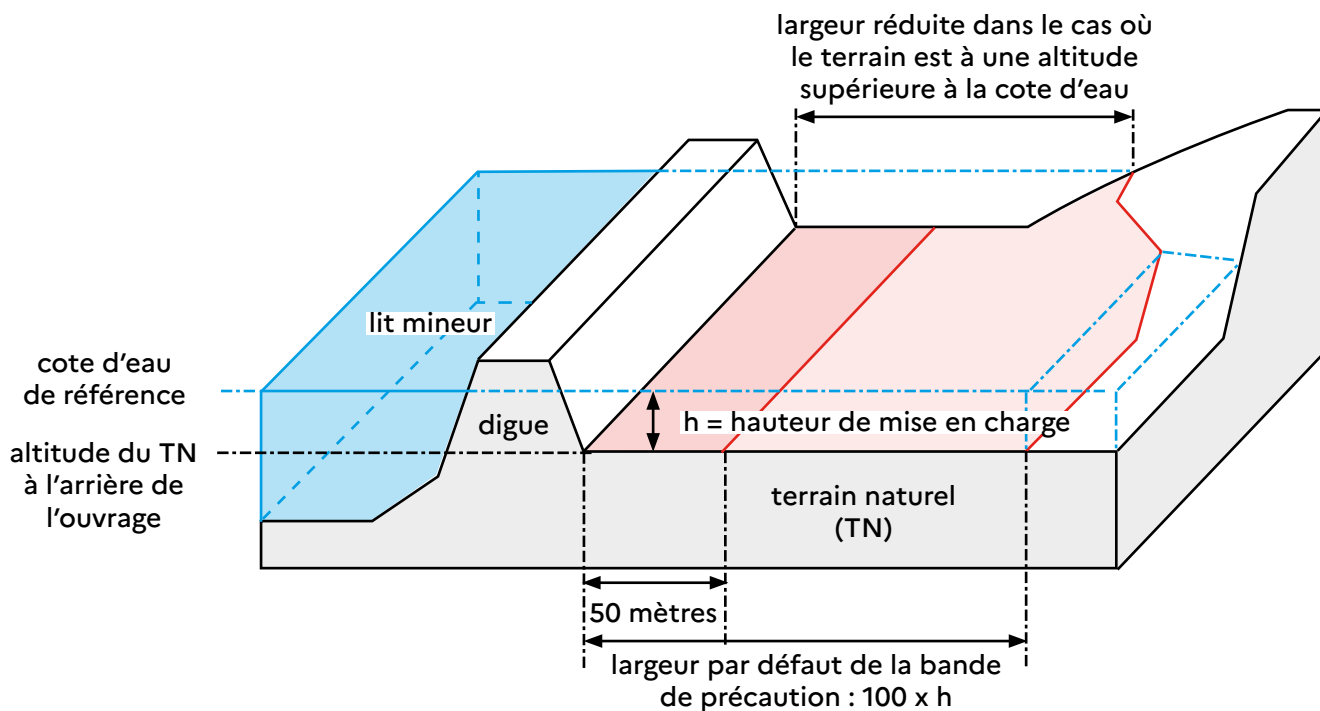


Illustration 30 : bande de précaution à l'arrière d'un ouvrage (largeurs par défaut). Source : DGPR/SRNH

L'origine du « 100 fois h »

Des études conduites sur les crues historiques de la Loire moyenne au 19^e siècle (Descamp, 2008 ; Maurin, 2014) montrent que les très nombreuses ruptures de digues (plus de 350 brèches lors des 3 crues de 1846, 1856 et 1866) ont provoqué des destructions totales sur la plupart des secteurs situés à une distance de l'ordre de 100 fois la hauteur des ouvrages. La brèche de 1856 d'Amboise en rive droite de la Loire a par exemple provoqué la destruction de la quasi-totalité des bâtiments entre la digue et la gare, située à 400 mètres de la digue haute de 5 mètres.

Ces études ont permis d'estimer que la distance de destruction totale dans la zone de dissipation d'énergie derrière la digue en cas de brèche était de l'ordre de 100 fois la hauteur de mise en charge.

La mise en charge étant susceptible de varier en fonction du secteur, la largeur de la bande de précaution évolue potentiellement tout le long du linéaire de l'ouvrage. Une attention particulière est apportée sur les zones de transition, où il est préférable d'éviter les discontinuités dans les largeurs de la bande.

3.2.4.3.3. L'adaptation de la largeur de la bande de précaution

Pour une digue, la largeur « par défaut » de la bande de précaution peut être adaptée, quelle que soit sa hauteur, sur la base d'éléments techniques de l'ouvrage fournis par son propriétaire ou son gestionnaire (article R. 562-11-4 du code de l'environnement). Ces éléments peuvent être par exemple des analyses et des justifications techniques appuyées sur les résultats d'une étude de dangers du système d'endiguement.

L'adaptation à la hausse

La zone de destruction totale en cas de rupture d'ouvrage a parfois été observée jusqu'à plus de 200 fois la hauteur de la digue (Descamp, 2008). Il peut ainsi être pertinent d'ajuster à la hausse la largeur de la bande de précaution, notamment lorsque :

- la géologie et la nature du sol le justifient, par exemple en présence de paléo-chenaux dans le sous-sol ;
- l'analyse historique montre que des ruptures de digue sur un secteur conduisent généralement à des zones de destruction majeure d'envergures plus importantes que la moyenne ;
- des résultats de modélisations mettent en évidence des conditions d'écoulement pouvant provoquer des destructions majeures (vitesses d'écoulement élevée de nature à provoquer des érosions importantes) au-delà de la bande de précaution « par défaut ». Dans ce cas, il convient de s'assurer que les résultats de modélisation sont valables sur ces secteurs (ce qui est généralement le cas pour les zones suffisamment éloignées de la brèche).

L'adaptation à la baisse

Les largeurs des bandes de précaution peuvent également être réduites, sans descendre en deçà d'une certaine valeur, dès lors que des éléments de justification sont apportés. L'arrêté du 5 juillet 2019¹⁵⁶ précise dans son article 3 les largeurs minimales des bandes de précaution¹⁵⁷ :

- **pour les tronçons de système d'endiguement d'une hauteur¹⁵⁸ supérieure à 1,5 m**, la largeur peut être réduite jusqu'à 50 mètres ;
- **pour les tronçons de système d'endiguement d'une hauteur inférieure à 1,5 mètres**, la largeur peut être réduite jusqu'à la valeur maximale entre :
 - 10 mètres ;
 - 33 fois la hauteur de mise en charge.

Une adaptation à la baisse est à étudier au cas par cas, et peut être envisagée avec prudence en se basant sur un faisceau d'indices¹⁵⁹, par exemple :

- la nature du terrain et sa capacité à limiter le développement des fosses d'érosion, par exemple lorsque le substratum rocheux est affleurant et en l'absence de paléo-chenaux¹⁶⁰ ;
- la lecture experte de résultats de modélisations de rupture : les secteurs proches des brèches n'entrent pas dans le domaine de validité des modélisations hydrauliques. Les résultats « redeviennent » toutefois pertinents au-delà d'une certaine distance de la brèche (quelques dizaines à centaines de mètres) et peuvent apporter des indices pour appréhender l'évolution de l'intensité ;
- les résultats d'une modélisation hydraulique adaptée aux phénomènes physiques spécifiques (description des écoulements et du sous-sol) avec un logiciel documenté et validé, intégrant la dangerosité des embâcles susceptibles de provoquer des dommages aux personnes et aux bâtis. Ce type d'outil n'est pas opérationnel au moment de la rédaction du présent guide, mais des approches nouvelles pourraient survenir dans les prochaines années.

3.2.4.3.4. Synthèse sur la largeur des bandes de précaution

La largeur (L) de la bande de précaution au regard de la hauteur de mise en charge (h) et de la hauteur du système d'endiguement peut être synthétisée par l'illustration 31.

156. Arrêté du 5 juillet 2019 relatif à la détermination, qualification et représentation cartographique de l'aléa de référence et de l'aléa à échéance 100 ans s'agissant de la submersion marine, dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine »

157. Article 3 de l'arrêté : « la largeur minimale de la bande de précaution [...] est fixée à cinquante mètres, sauf dans le cas où le terrain naturel atteint la cote NGF de la hauteur d'eau de l'aléa de référence avant les cinquante mètres. Pour les tronçons de système d'endiguement d'une hauteur inférieure à 1,5 mètre, cette largeur minimale de cinquante mètres peut être ramenée à 33 fois la différence entre la hauteur d'eau maximale qui serait atteinte à l'amont de l'ouvrage du fait de la survenance de l'aléa de référence et le terrain naturel immédiatement derrière lui, sans pouvoir être inférieure à dix mètres ». Ainsi, une bande de précaution est à identifier systématiquement à l'arrière de tout système d'endiguement, même si celui-ci ne peut pas être mis en charge par le scénario de référence ou si la hauteur de celui-ci est très faible.

158. La hauteur de l'ouvrage est définie comme la différence entre l'altitude de la crête de digue et l'altitude du terrain naturel à son arrière immédiat dans le lit majeur.

159. L'éventuel niveau de protection ne pouvant pas être garanti dans le temps, il ne constitue pas un élément de justification pour revoir à la baisse la largeur de la bande de précaution.

160. Des résultats d'investigations géophysiques du sous-sol (menées a priori en dehors de la démarche d'élaboration du PPRi) peuvent être utiles pour cette analyse.

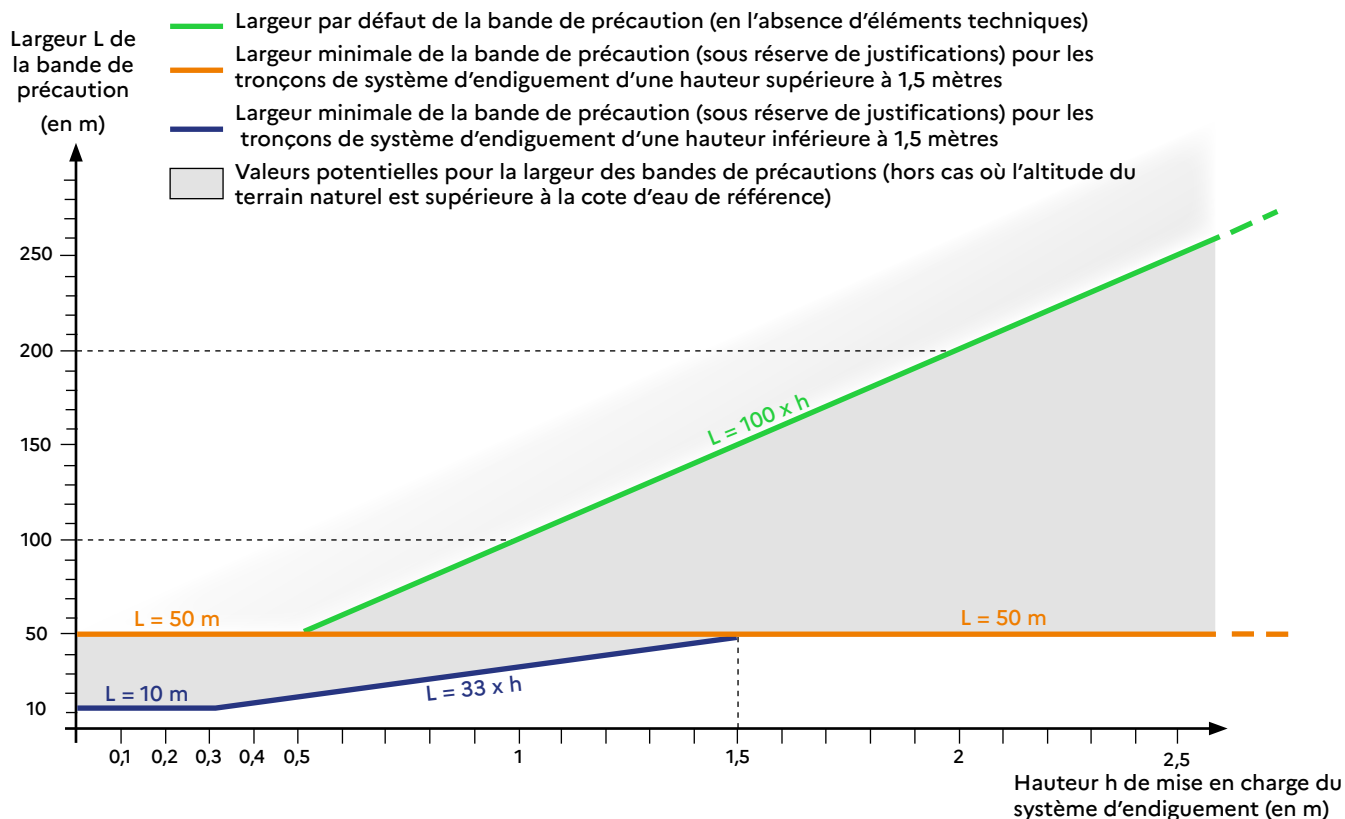


Illustration 31 : la largeur des bandes de précaution en fonction de la hauteur de mise en charge du système d'endiguement. Source : DGPR/SRNH

3.2.4.4. La cartographie de l'aléa de référence

Les niveaux d'aléa sont déterminés par croisement des hauteurs et des dynamiques maximales pour chaque scénario de référence et sous-scénarios associés. **L'ensemble de ces informations est ensuite rassemblé dans la carte d'aléa de référence du PPRi, en retenant sur chaque secteur le niveau d'aléa le plus élevé identifié dans les différents sous-scénarios.** En particulier, l'emprise inondable ainsi identifiée correspond à l'enveloppe maximale de l'ensemble des enveloppes inondables des sous-scénarios.

La carte intègre également les **bandes de précaution** derrière les ouvrages latéraux faisant obstacle à l'écoulement (aléa très fort). La largeur des bandes de précaution dépend de la mise en charge maximale, et donc potentiellement du sous-scénario. La carte d'aléa de référence reprend les bandes de précaution **majorantes** des différents sous-scénarios.

Elle doit également faire apparaître¹⁶¹, à titre informatif, les **zones protégées**¹⁶² par un système d'endiguement dont le niveau de protection est au moins égal à l'aléa de référence (article R. 562-11-4 du code de l'environnement). Cela contribue à l'information des habitants et des entreprises quant à la présence du système d'endiguement et met en valeur son rôle en matière de protection contre certains événements. La définition de ces zones ne relève pas du cadre de l'élaboration du PPRi. Cela suppose donc que les études de dangers définissant le niveau de protection et la zone protégée aient été réalisées par ailleurs. Une attention particulière est apportée dans la note de présentation du PPRi pour présenter ces zones protégées, **rappeler qu'elles n'ont pas d'incidence sur l'aléa de référence ou le règlement** et que leur protection face aux inondations est de la responsabilité du gestionnaire d'ouvrage.

L'échelle de représentation recommandée pour la carte d'aléa d'inondation est le 1 : 25 000, sur l'ensemble du secteur d'étude, si cela est compatible avec les incertitudes associées aux résultats des études d'aléa liés aux méthodes et aux données. Le fond de plan est cohérent avec l'échelle de la carte.

¹⁶¹. Par exemple sous forme de hachures se superposant aux niveaux d'aléa.

¹⁶². La finalité d'un système d'endiguement est la protection d'un territoire, appelé « zone protégée », contre les inondations provenant d'un cours d'eau endigué (ou de la mer), et cela jusqu'à un certain niveau d'évènement, appelé « niveau de protection », avec un risque résiduel de rupture inférieur à 5 %. Le niveau de protection est défini par l'article R. 214-119-1 du code de l'environnement. C'est la hauteur maximale définie par le gestionnaire que peut atteindre l'eau sans que la zone protégée soit inondée en raison du débordement, du contournement, ou de la rupture des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer. Le niveau de protection est apprécié au regard, soit d'un débit maximal du cours d'eau en crue ou d'une cote de niveau atteinte par celui-ci.

Il est recommandé de privilégier **une carte des cotes de référence**¹⁶³. Elle précise sur chaque secteur l'altitude maximale¹⁶⁴ atteinte par l'eau dans l'ensemble des scénarios étudiés, en intégrant éventuellement une revanche pour prendre en compte les incertitudes. Les cotes de références sont généralement associées à la partie réglementaire (zonage et règlement) du PPRi ([voir partie 5.1.5](#)).

La carte d'aléa est accompagnée d'explications détaillées (rapport d'élaboration versé au rapport de présentation du PPRi, etc.). En effet, au-delà de constituer une des étapes d'élaboration du PPRi, la carte d'aléa et les documents qui l'accompagnent constituent des supports très utiles pour l'information et la sensibilisation des acteurs du territoire.

Enfin, la carte de l'aléa de référence doit respecter le **géostandard** en vigueur ([voir annexe 7.5](#)).

En complément de documents cartographiques, et de manière facultative, l'élaboration de vidéos montrant l'écoulement des eaux est une bonne pratique. Leur visionnage, par exemple en réunion publique, est souvent très instructif pour les élus comme pour les citoyens.

163. Lorsque cela est possible, une carte des cotes de référence est préférable à une carte des hauteurs d'eau. La lecture d'une carte des hauteurs d'eau, par exemple pour estimer la surélévation nécessaire pour une mise hors d'eau, nécessite en effet de disposer du MNT utilisé pour la réalisation de la carte, ce qui est un frein à l'usage (le relief peut en effet avoir évolué). Une carte des hauteurs d'eau peut toutefois être intégrée à titre informatif en annexe de la note de présentation.

164. Il est recommandé d'utiliser le mètre NGF (nivellement général de France).

PPRI du Drac aval

Aléas pour la crue de référence













Dossier d'approbation - 2023

Atlas cartographique au 1 / 10 000 sur calasse DOI



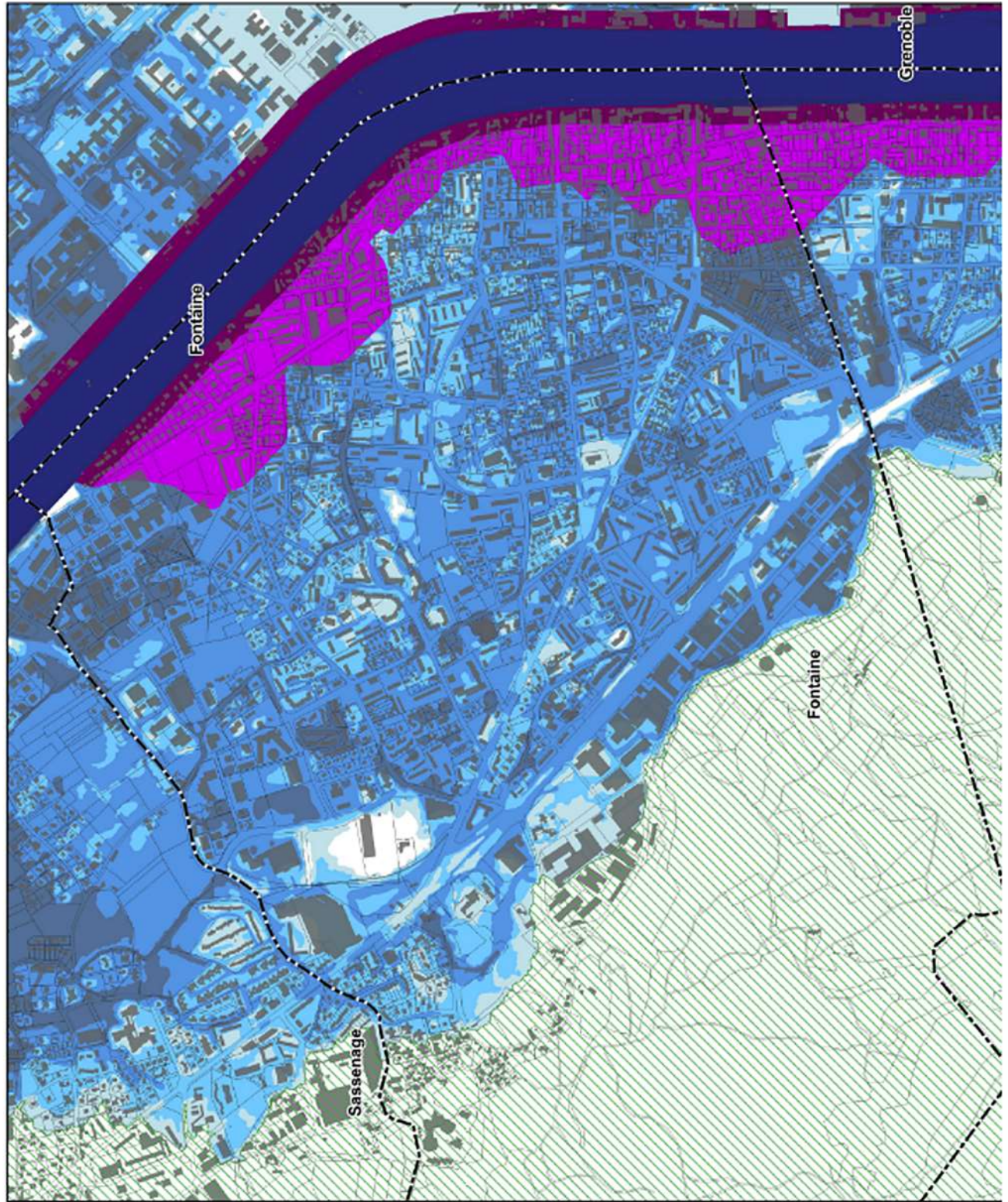
Légende

Aléas de référence

-  Aléa faible (C1)
-  Aléa moyen (C2)
-  Aléa fort (C3)
-  Aléa très fort (C4)
-  Bande de 50 mètres
-  Bande de 100 x 11 mètres hors bande de 50 mètres
-  Lit mineur
-  Zone inondable si défaillance du système d'endiguement dans le secteur de Mon Logis
-  Emprise hors zone inondable
-  Bibli
-  Parcelle
-  Limite communale

1 : 10 000 au format A3

Source des données : INGEROP / HYDRETUDE
 Direction Départementale des Territoires/SSR
 BDTOP09 - PCI-Vecteur
 Date : juin 2023





PPRI du Drac aval

Hauteurs maximales pour la crue de référence

Dossier d'approbation - 2023

Atlas cartographique au 1 : 14 000 sur cadastre DOI



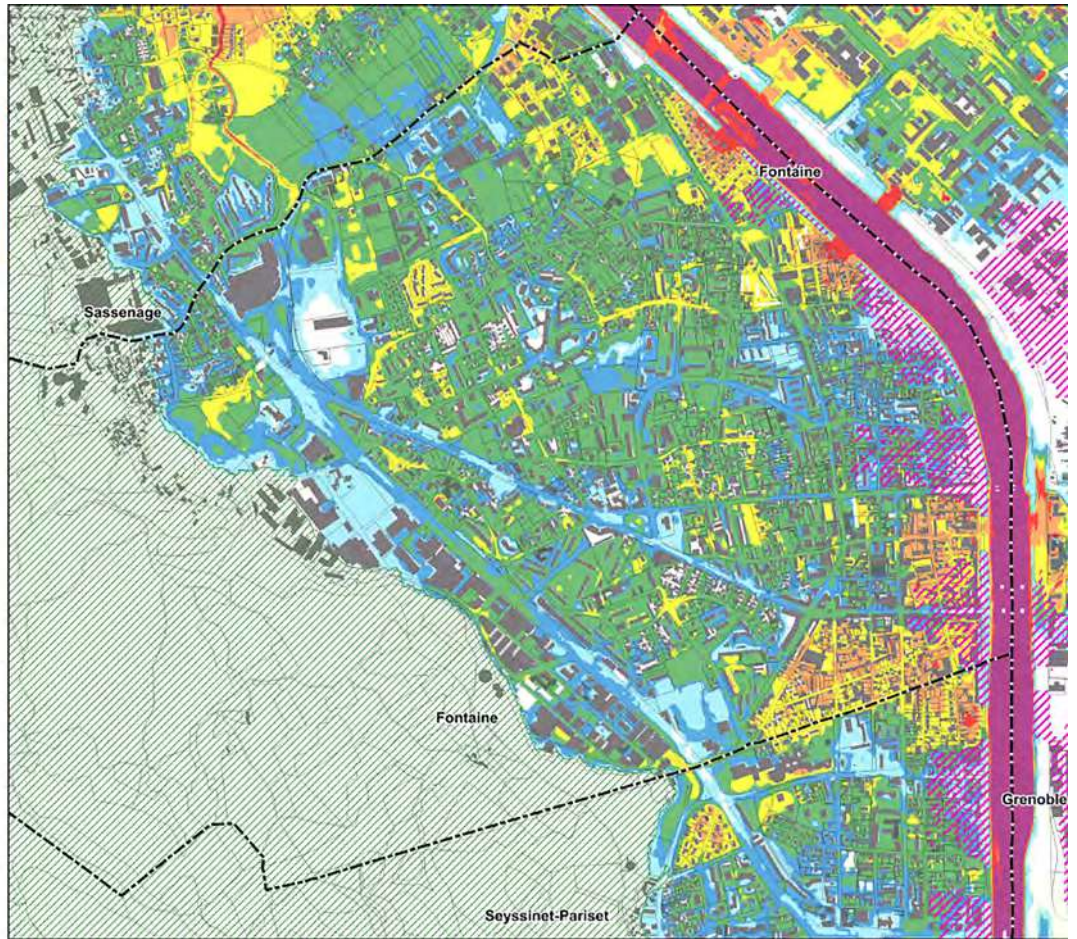
Légende

hauteur maximale (en mètres)



1 : 10 000 au format A3

Source des données : INRSOP / INDRPELCE
Dossier Départemental des Territoires
IDTDRAC - PGI (cadastre)
Date : Juin 2023



PPRI du Drac aval

Vitesses maximales pour la crue de référence

Dossier d'approbation - 2023

Atlas cartographique au 1 : 14 000 sur cadastre DOI



Légende

Vitesse maximale (en mètres par seconde)



1 : 10 000 au format A3

Source des données : INRSOP / INDRPELCE
Dossier Départemental des Territoires
IDTDRAC - PGI (cadastre)
Date : Juin 2023

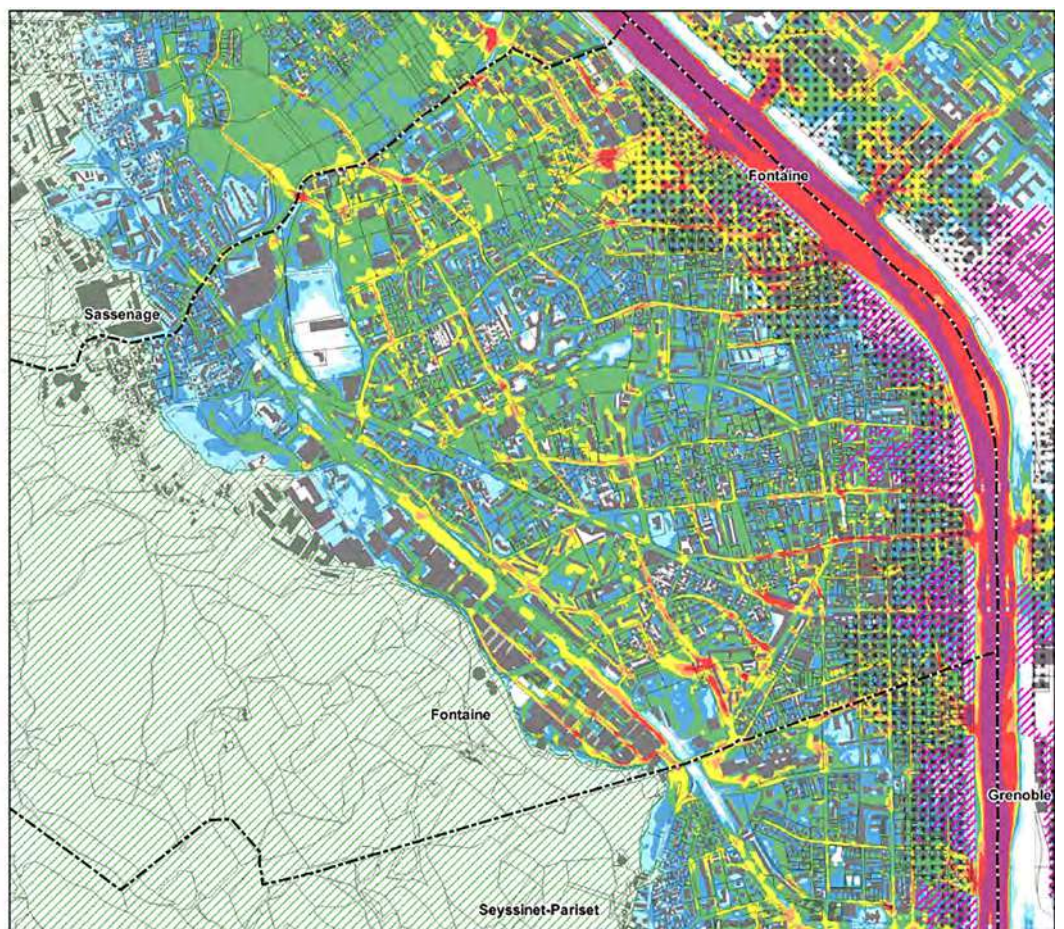


Illustration 32 : exemple d'extrait de carte d'aléa de référence (extrait du PPRI du Drac (Isère) approuvé en 2023 : niveau d'aléa (page entière), hauteurs (en haut ; en bleu et vert : hauteurs faibles et moyennes ; en rouge et violet : hauteurs élevées et très élevées), vitesses d'écoulement (en bas ; en bleu et vert : vitesses d'écoulement faibles et moyennes ; en rouge et violet : vitesses d'écoulement élevées et très élevées).

IV. LES ENJEUX

4.1 Les objectifs de l'analyse des enjeux

Dans le cadre des PPR, la notion d'« enjeux » regroupe les personnes, l'environnement, les biens, dont le patrimoine culturel, les activités économiques, les équipements, etc. du territoire d'étude, et en particulier ceux susceptibles d'être affectés, directement ou indirectement, par l'aléa de référence du PPRi.

L'analyse des enjeux a deux finalités principales :

- la **compréhension des vulnérabilités du territoire** au regard de son fonctionnement socio-économique ;
- la **carte des niveaux d'urbanisation**, qui a vocation à être croisée avec la carte d'aléa de référence afin d'élaborer le zonage réglementaire.

L'analyse des enjeux n'est pas spécifique aux PPRi par débordement de cours d'eau. Il est préférable de se référer sur ce point aux références législatives et réglementaires, ainsi qu'au guide PPRn général.

4.2. L'analyse du fonctionnement du territoire et de ses vulnérabilités

4.2.1. Les objectifs de cette analyse

Cette analyse a pour objectif :

- de **comprendre le fonctionnement du territoire**, notamment l'organisation des espaces (naturels, agricoles, habitats, services, commerces, activités économiques, etc.), leurs interactions (réseaux et infrastructures) et leurs évolutions ;
- **d'évaluer les impacts des aléas d'inondation et la vulnérabilité du territoire**, en particulier à travers l'identification d'« **enjeux particuliers** » constitués d'éléments sensibles aux inondations ou d'équipements pouvant servir de ressource en cas de crise ;
- de **justifier l'intérêt de la réalisation du PPRi**, et ainsi faciliter la sensibilisation au risque d'inondation et l'acceptabilité du plan ;
- de cibler les **mesures de prévention ou de réduction de la vulnérabilité** aux inondations.

Les premiers éléments de ce travail servent lors de la demande d'examen au cas par cas pour l'évaluation environnementale. Une fois consolidée, cette analyse alimente l'évaluation environnementale si le PPRi y est soumis¹⁶⁵. Une fois complète, elle sert de support à la stratégie du PPRi¹⁶⁶ et peut être utile pour le dossier que les collectivités établissent dans le cadre des demandes d'exception présentées [en partie 5.2.2](#)¹⁶⁷.

Cette analyse est à mener globalement, au niveau du périmètre du PPRi, avec des éléments d'appréciation parfois élargis au bassin de vie ([voir partie 5.1.2.3.1](#)). Le niveau de détail est à adapter au territoire. L'analyse peut comprendre tout ou partie des éléments ci-dessous.

4.2.2. Les enjeux particuliers existants et la vulnérabilité du territoire

En pratique, il s'agit d'identifier et d'analyser les **éléments** de la zone d'étude **vulnérables aux inondations** :

- la présence de **populations** (nombre, densités, dynamiques, etc.) ;
- les **bâtiments**, si possible en fonction de leur typologie (maison de plain-pied, maison avec étage, collectif, etc.), en mettant l'accent sur les zones comportant de nombreux bâtiments non pourvus d'étages refuges avec accès sur l'extérieur permettant les évacuations ;
- les **établissements sensibles ou difficilement évacuables** (crèches, écoles, hôpitaux, maisons de retraite, établissements pour personnes âgées et dépendantes (EHPAD), centres pénitentiaires, etc.) ;
- les **équipements de grande capacité**, susceptibles de regrouper un nombre important de personnes, dont les conditions d'évacuation ou de mise en sécurité en cas d'inondation doivent être étudiées ;

¹⁶⁵. Article R. 122-17-II du code de l'environnement

¹⁶⁶. La stratégie du PPRi est la réflexion d'où émerge les choix pour le détail du règlement ([voir introduction de la partie 5](#)).

¹⁶⁷. Cette connaissance peut également être capitalisée au-delà du PPRi pour d'autres démarches de prévention des risques : SLGRI, PAPI, DICRIM, P(I)CS, etc.

- les **établissements stratégiques pour la gestion de crise** (PC de crise, centre de secours, SDIS, etc.) ;
- les **campings, les aires de camping-cars et l'hôtellerie de plein air** (ces établissements accueillent une population vulnérable, qui ne connaît généralement pas les risques d'inondation locaux) ;
- les **aires d'accueil des gens du voyage** ;
- les différents **réseaux**, notamment de transport et de communication, susceptibles d'être coupés par une inondation ;
- les constructions pouvant engendrer des **pollutions** en cas d'inondation (ICPE) ;
- les enjeux **patrimoniaux, culturels et environnementaux**, etc.

Les **éléments qui participent à la résilience du territoire** (réseau de voirie hors d'eau permettant l'évacuation et facilitant l'intervention des services de secours, bâtiments pouvant servir de zone refuge en cas d'inondation, etc.) peuvent également être identifiés.

Le croisement entre ces éléments et la carte d'aléa de référence permet ensuite d'appréhender l'exposition et la vulnérabilité de l'existant. Il peut ainsi être utile de quantifier les enjeux en zone exposée, avec un niveau de détail à l'appréciation du service instructeur.

Type d'enjeux	En aléa fort ou supérieur	En aléa moyen ou inférieur	Total en zone exposée
Bâtiments	100 maisons individuelles.	200 maisons individuelles.	300 maisons individuelles.
	200 collectifs.	400 collectifs.	600 collectifs.
Population	1 000 personnes.	3 500 personnes.	4 500 personnes.
Établissements sensibles	5 écoles primaire.	2 maisons de retraite.	5 écoles primaire.
			2 maisons de retraite.
Etc.

Tableau 9 : exemple illustratif théorique d'analyse de l'exposition d'un territoire.

4.2.3. Les projets et les potentialités d'aménagement futur

L'analyse des enjeux :

- peut être affinée par la mise en évidence des projets d'aménagements stratégiques futurs ;
- est une étape privilégiée pour vérifier la compatibilité de ces projets avec leur niveau d'exposition, pour réduire leur vulnérabilité aux inondations et pour éventuellement envisager de recourir au principe d'exception dans le cadre d'une demande portée par une collectivité (voir partie 5.1.2.).

4.2.4. Les autres éléments de contexte

De manière plus large, il convient de s'interroger sur le contexte général de la gestion des risques d'inondation sur le territoire. À titre d'exemples :

- des études de vulnérabilité et des actions de réduction de la vulnérabilité des bâtis existants ont-elles été initiées, par exemple dans le cadre d'une démarche PAPI ?
- le volet inondation des P(I)CS intègre-t-il la connaissance des aléas établie par le PPRI ?
- est-ce qu'une évolution notable de la vulnérabilité du territoire au risque d'inondation est prévisible ?
- existe-t-il des systèmes d'endiguements, et si oui, quels sont leurs niveaux de protection ? En effet, bien que l'aléa de référence intègre des hypothèses de défaillance de ces systèmes, leur existence peut influencer sur le règlement.

4.3. Les niveaux d'urbanisation

L'analyse fine des niveaux d'urbanisation est principalement centrée sur l'emprise inondable. Il n'est toutefois pas indispensable d'attendre que la phase de caractérisation des aléas, parfois longue, soit achevée. Il est au contraire conseillé d'initier l'analyse des enjeux au sein d'une première enveloppe approchée quitte à l'affiner lorsque les études d'aléa sont plus abouties.

4.3.1. La définition des différents niveaux d'urbanisation

Dans le cadre des PPRi, la délimitation des « **niveaux d'urbanisation** » consiste à distinguer les zones urbanisées, d'une part, et non urbanisées, d'autre part. Au sein des zones urbanisées, les « centres urbains » sont identifiés. **Ces trois niveaux d'urbanisation sont ceux respectivement cités aux alinéas I, II et III de l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement.**

4.3.1.1. Les zones urbanisées

Le caractère urbanisé ou non d'un espace s'apprécie en fonction de la **réalité physique**¹⁶⁸ de cet espace au moment de l'élaboration du PPRi : présence de bâtiments, proximité avec des constructions existantes, etc. Ainsi, les zones urbanisées définies dans le cadre des PPRi ne recourent pas les secteurs zonés AU (à urbaniser) ou U (urbanisé) d'un PLU(i) qui ne sont pas artificialisés dans les faits.

Un **habitat isolé** n'est a priori pas considéré comme zone urbanisée malgré le caractère construit que peut avoir une parcelle. Le nombre minimal de bâtiments pour constituer une zone urbanisée, et l'éloignement de l'habitat isolé par rapport aux autres constructions, est à apprécier en fonction du contexte du territoire et de la réglementation locale.

La zone urbanisée contient parfois en son sein des espaces **non bâtis de grande superficie** qu'il convient d'exclure de la zone urbanisée lorsque leur surface excède un certain seuil : les équipements sportifs, les espaces verts ou parcs urbains, les cimetières, certains parkings¹⁶⁹, etc. qui sont ainsi classés dans les zones non urbanisées.

À l'inverse, les **dents creuses**, définies comme les « espaces résiduels, de taille limitée, entre deux bâtis existants » (article R. 562-11-6 III du code de l'environnement) sont intégrées dans la zone urbanisée. En pratique, il s'agit généralement de petits espaces non construits entourés, au moins partiellement, d'espaces bâtis. La taille maximale des dents creuses varie en fonction de la typologie de la zone urbaine dans laquelle elle se situe : il n'est pas défini de seuil de surface maximal qui pourrait s'appliquer de manière homogène sur le territoire national. On considère toutefois que l'ordre de grandeur de la surface d'une dent creuse correspond à la surface d'une ou plusieurs « parcelles types » de la zone urbanisée qui l'entoure.

Une attention particulière est également à porter au classement des **friches urbaines ou industrielles**. Il s'agit de terrains de grande superficie ayant connu une urbanisation dans le passé et qui présentent un état de dépréciation généralisée. Certaines d'entre elles peuvent avoir fait l'objet d'opérations de déconstruction totales ou partielles. **Lorsqu'il reste encore des constructions, ou en cas de projet à court terme (reconstruction de la ville sur la ville), elles peuvent être considérées comme des zones urbanisées.** La gestion de ce type d'espaces, par exemple du fait de bâtiments en déshérence, peut en effet se révéler très complexe si le PPRi interdit leur requalification par du renouvellement urbain. Classer la friche dans la zone urbanisée peut permettre la mise en œuvre d'un projet de renouvellement, ce qui permettrait par ailleurs de limiter la pression foncière sur d'autres territoires. Cette appréciation se fait au cas-par-cas, en fonction du contexte urbain et de l'enjeu stratégique que représente le réaménagement du secteur.

Enfin, **l'intégration dans la zone urbanisée d'opérations déjà autorisées mais non réalisées**¹⁷⁰ (par exemple avec un permis de construire ou d'aménager valide) est à étudier au cas par cas.

4.3.1.2. Les centres urbains

Au sein des zones urbanisées, le centre urbain est une entité particulière qui donne lieu à un zonage et une réglementation adaptée au regard des risques d'inondations ([voir partie 5.2.1.](#)), et qu'il convient donc de précisément délimiter.

Les **centres urbains** sont des zones densément bâties dans lesquelles il reste peu d'espaces non construits, et où en conséquence, les constructions nouvelles n'augmenteront pas de manière substantielle les enjeux exposés. Ils se caractérisent par :

- une occupation du sol importante ;
- une continuité du bâti ;
- une mixité des usages (logements, commerces et services).

Le caractère historique de la zone peut être un élément d'éclairage supplémentaire.

¹⁶⁸. cf. circulaire n°96-32 du 13 mai 1996

¹⁶⁹. Notamment ceux qui ne sont pas associés à des constructions : un parking en silo est a priori intégré à la zone urbanisée qui l'entoure, tandis qu'une grande aire de stationnement dépourvue de bâtiments relève a priori des zones non urbanisées d'un PPRi.

¹⁷⁰. Connaître ces projets offre par ailleurs la possibilité d'étudier le plus en amont possible leur compatibilité avec les risques encourus et les éventuelles évolutions à réaliser pour les rendre compatibles avec les principes de prévention.

Ces critères de définition des centres urbains sont cumulatifs. À titre d'exemple, un secteur d'habitat récent, dense, et constitué de nombreux bâtiments collectifs au pied desquels se situeraient des commerces, ne constitue pas nécessairement un centre urbain s'il est éloigné du centre historique et privé d'équipements publics.

De la même manière que pour les zones urbanisées, les dents creuses entourées de secteurs identifiés en centre urbain sont intégrées dans le centre urbain des cartes du PPRi.

4.3.1.3. Les zones non urbanisées

Les secteurs qui ne sont pas identifiés en zone urbaine ou centres urbains constituent les **zones non urbanisées**. Il s'agit principalement des secteurs naturels, agricoles, ou faiblement bâtis, mais on peut également trouver des zones non urbanisées à l'intérieur de zones urbanisées.

En particulier, les friches urbaines ou industrielles qui ne contiennent pas de construction et qui ne font pas l'objet d'un projet de requalification sont intégrées au cas par cas aux zones non urbanisées. Elles correspondent alors à des espaces non bâtis de grande superficie décrits [en partie 4.3.1.1.](#)

Pour rappel, les secteurs zonés AU (à urbaniser), voire zonés U (urbanisé), d'un PLU(i) qui ne sont pas artificialisés dans les faits sont considérées par défaut dans le PPRi comme des zones non urbanisées.

4.3.2. La délimitation des niveaux d'urbanisation

La délimitation des trois types d'espaces précédemment décrits est **une étape clé de l'analyse des enjeux**.

La première étape consiste habituellement à définir, et partager, une manière de caractériser les différents niveaux d'urbanisation. Cela peut par exemple se faire sous la forme de critères et de seuils permettant d'objectiver le caractère urbanisé d'un espace : distance entre les bâtiments pour une continuité de la tache urbaine, seuils de densité(s) nécessaire pour un centre urbain, nombre minimal de bâtiments contigus, etc.

Les limites des niveaux d'urbanisation n'ont pas vocation à se superposer au découpage parcellaire¹⁷¹. À titre d'exemple, dans le cas d'une parcelle de grande superficie située en lisière de zone urbanisée, seule la partie bâtie de la parcelle est intégrée dans la zone urbanisée, tandis que la partie non bâtie est identifiée en zone non urbanisée.

4.3.2.1. La délimitation des zones urbanisées

La délimitation des zones urbanisées s'appuie notamment sur :

- une analyse des données d'occupation du sol (BD OCS GE, BD Topo, BD carto, etc.) ;
- une analyse des données et fonds cartographiques disponibles (photos aériennes récentes, cartes IGN au 1 : 25 000, etc.) ;
- des visites de terrains lorsque le positionnement de la limite de la zone urbanisée n'est pas aisée ;
- une analyse des zonages de planification qui peuvent donner un éclairage.

Le tableau [en annexe 7.3](#) identifie des données pouvant être exploitées pour cette étape.

Cette première délimitation est ensuite précisée sur la base d'éléments complémentaires, comme :

- la prise en compte des projets d'aménagement du territoire en cours ou envisagés ;
- l'analyse de la localisation précise des constructions et de la morphologie parcellaire afin d'identifier notamment :
 - les secteurs de bâti isolé ;
 - les zones non bâties intra-urbaines ;
 - les friches.

171. Dans certains cas, par exemple lorsque la frontière entre deux niveaux d'urbanisation est suffisamment proche (quelques mètres) et cohérente avec les frontières du parcellaire, il peut être adapté d'affiner la délimitation des niveaux d'urbanisation en « s'accrochant » à certaines frontières du parcellaire, dans un objectif de bonne lisibilité et compréhension de la carte.

4.3.2.2. La délimitation des centres urbains

Au sein des zones urbanisées, il convient ensuite de délimiter précisément les secteurs de centre urbain. L'appréciation de ces secteurs peut, au même titre que pour la zone urbanisée, reposer sur :

- l'analyse des zonages des documents de planification : les zonages UA des PLU(i) (en général des zones urbaines denses et mixtes) donnent de premiers indices ;
- l'analyse de bases de données SIG. À titre d'exemples :
 - pour l'emprise au sol et la continuité du bâti : analyse notamment basée sur la densité des bâtiments ;
 - pour la mixité des usages :
 - l'analyse des fichiers fonciers (connaissance, à l'échelle de chaque parcelle¹⁷², du nombre de logements et de locaux d'activités secondaire/tertiaire par exemple) ;
 - l'analyse de base de données dédiées à certains types d'équipements particuliers¹⁷³ (établissements d'enseignement scolaire, établissement sanitaires et sociaux, musées, etc.) ;
 - pour l'historicité :
 - étude des fonds de plans et photographies aériennes antérieures¹⁷⁴ ;
 - l'analyse des informations contenues dans les fichiers fonciers (connaissance, à l'échelle de chaque parcelle, de l'année de construction du local le plus ancien).

4.3.2.3. La délimitation des zones non urbanisées

La zone non urbanisée regroupe tous les secteurs de la zone d'étude qui ne sont pas inclus dans la zone urbanisée.

172. Cf. Liste des champs de la table « Parcelle » des fichiers fonciers

173. Cf. tableau des pages 55 et 56 du Référentiel national de vulnérabilité aux inondations (Cerema, 2016)

174. La plateforme <https://remonterletemps.ign.fr/> s'avère particulièrement utile dans cet objectif.

La cartographie des zones homogènes

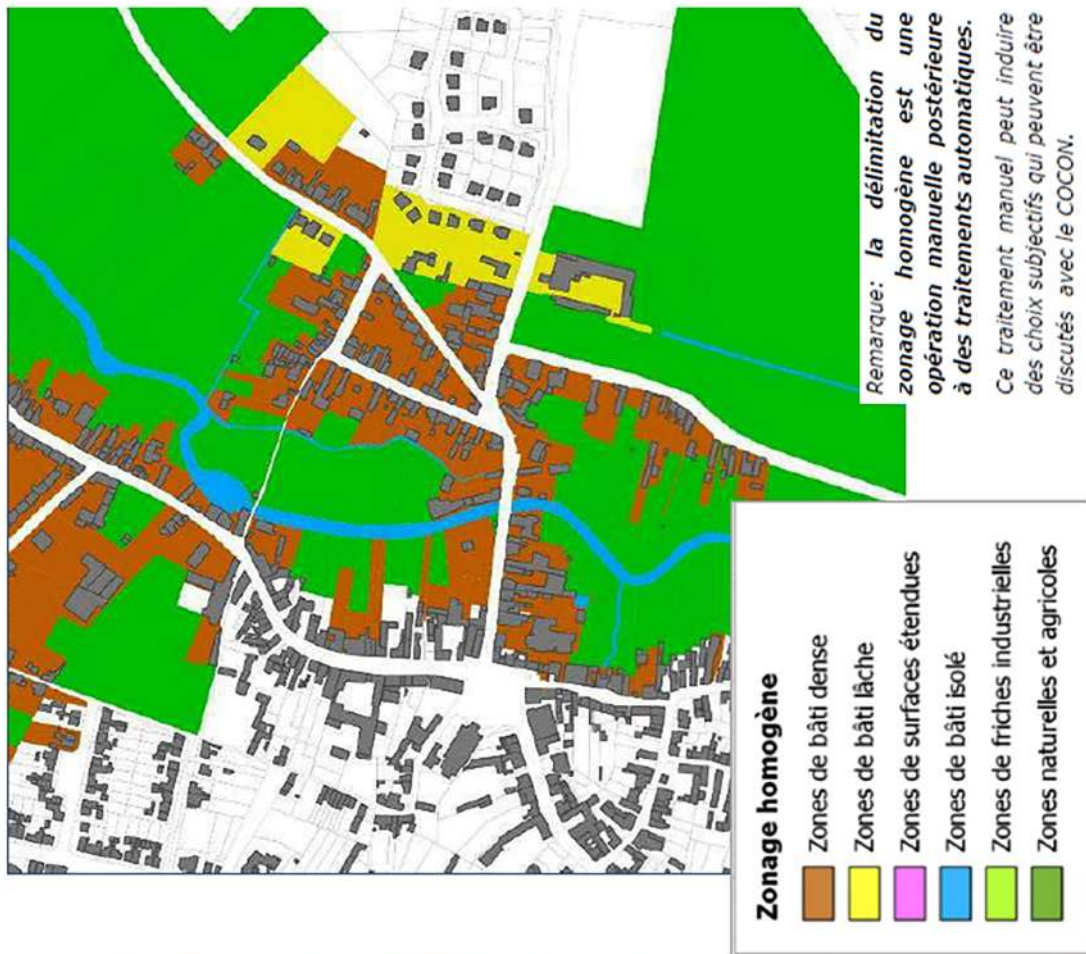
La cartographie des zones homogènes est une **caractérisation du territoire en termes de densité et de destination (usage)**, qui doit permettre d'identifier les différentes classes urbaines. L'objectif de ce travail est de guider la délimitation fine des zones actuellement urbanisées (ZAU) à l'étape suivante, notamment en permettant la définition de critères objectifs d'appréciation des configurations particulières (espaces non bâtis, fonds de parcelles ou bâtis isolés).

La cartographie a été construite à partir de traitements des données riches disponibles à l'échelle cadastrale sur l'occupation des sols et les surfaces parcellaires et bâties. Chaque parcelle a ainsi été caractérisée selon **plusieurs critères** (notamment densité bâtie, continuité bâtie avec parcelles adjacentes, type d'occupation des sols). Ces parcelles sont ensuite regroupées manuellement dans des « zones homogènes » quand elle présentent des caractéristiques similaires. **Cette cartographie finale de zones homogènes correspond à une vision zonale du territoire à l'échelle du quartier.** Ainsi, si dans un bloc de bâtiments, la majorité des parcelles présente des caractéristiques semblables, malgré la présence de quelques parcelles plus disparates, l'ensemble du bloc sera catégorisé dans une seule zone homogène.

Voici les classes de zones homogènes retenues :

- ⇒ **Zones de bâti dense** (ZAU) : il s'agit de tous les secteurs densément peuplés avec une continuité importante du bâti, typiquement au centre des bourgs
- ⇒ **Zones de bâti lâche** (ZAU) : il s'agit de tous les espaces pavillonnaires, situés majoritairement en périphérie des bourgs où les habitations sont plus espacées
- ⇒ **Zones à surfaces étendues** (ZAU) : il s'agit des grandes emprises industrielles, commerciales, scolaires, sportives ou publiques
- ⇒ **Zones de bâti isolé** (ZNAU) : il s'agit des bâtiments déconnectés de l'aire urbaine et trop peu nombreux pour constituer un hameau urbanisé
- ⇒ **Zones de friches** (ZNAU) : il s'agit des anciennes friches industrielles, aujourd'hui en arrêt d'activité
- ⇒ **Zones naturelles et agricoles** (ZNAU)

Cette **cartographie des zones homogènes** est réalisée à l'échelle de l'enveloppe morphologique de la vallée, qui est plus large que celle de l'aléa, afin de permettre une vision globale.



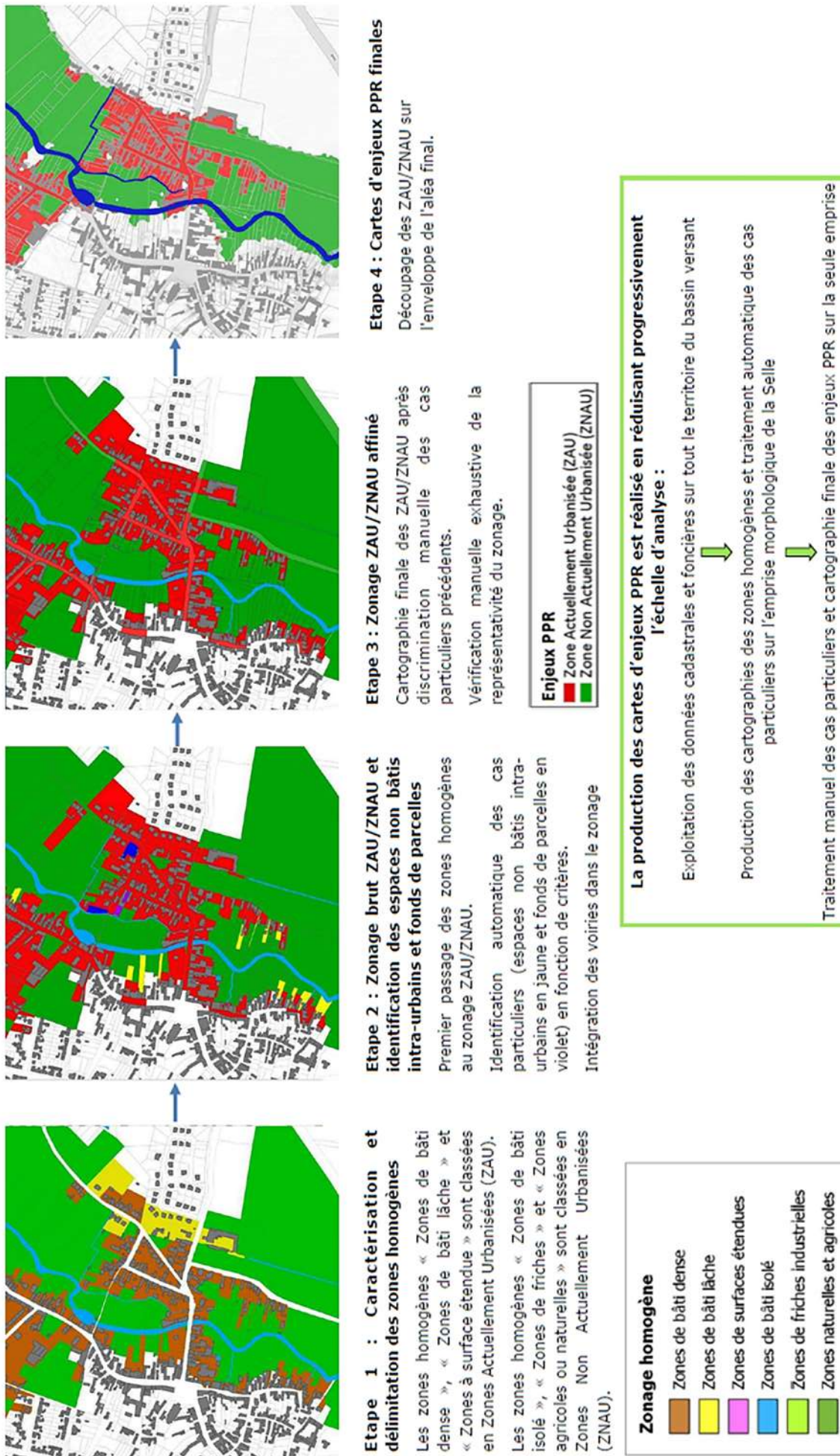


Illustration 33 : les niveaux d'urbanisation et les zones de bâti du PPRi de l'Écailin (59), et leurs étapes de définition.

4.4. La méthode de travail

La méthode de travail est comparable à celle des autres PPR, décrite dans le guide PPRn général. Les différentes étapes d'analyse, pilotées par les services de l'État (en liaison notamment avec les services urbanisme et planification des DDT(M)), doivent notamment être menées **en association étroite avec les collectivités concernées**, et si possible les agences d'urbanisme lorsqu'elles existent sur le territoire, afin de mutualiser les connaissances, partager les méthodes et définitions et cibler les sujets potentiellement complexes.

Par ailleurs, malgré les possibilités de production semi-automatisée grâce aux outils SIG et à l'existence de bases de données de plus en plus détaillées, l'analyse qualitative experte du territoire joue un rôle indispensable dans la délimitation finale des niveaux d'urbanisation.

4.5. Les cartes des enjeux

Les cartes des enjeux font la synthèse de l'analyse présentée ci-dessus.

La carte délimitant les **différents niveaux d'urbanisation** est un livrable indispensable de cette étape, nécessaire pour l'élaboration du zonage réglementaire. **L'échelle de restitution souhaitable** est le 1 : 10 000 sur l'ensemble du secteur d'étude et le 1 : 5 000 au niveau des zones urbanisées. Les **enjeux particuliers** peuvent compléter la carte. Si ceux-ci sont nombreux, il peut être élaboré une ou plusieurs cartes dédiées afin de ne pas alourdir les documents. Enfin, la carte doit être accompagnée d'une note explicative qui peut être versée au rapport de présentation.

LEGENDE

Enjeux

Occupation du sol

- Centre urbain
- Zone urbaine dense
- Autre zone urbanisée
- Zone d'expansion des crues
- Zone de friches ferroviaire et industrielles

Enjeux recensés

- Etablissement sensible ou stratégique
- Etablissement recevant du public (ERP)
- Gares SNCF/RER
- Equipements de loisirs
- Ouvrage hydraulique
- Patrimoine
- Station de traitement des eaux usées (STEU)

Projets d'aménagements

- + Projets d'aménagements

Parcellaire

- Limites parcellaires
- Bâti existant

Hydrographie

- Bassins de régulation
- Plans d'eau
- Réseau hydrographique
- Réseau enterré

Infrastructures

Réseau routier

- Autoroute / RN
- RD / Voirie communale

Réseau ferroviaire

- Réseau ferroviaire

Éléments de repère

- Limites communales

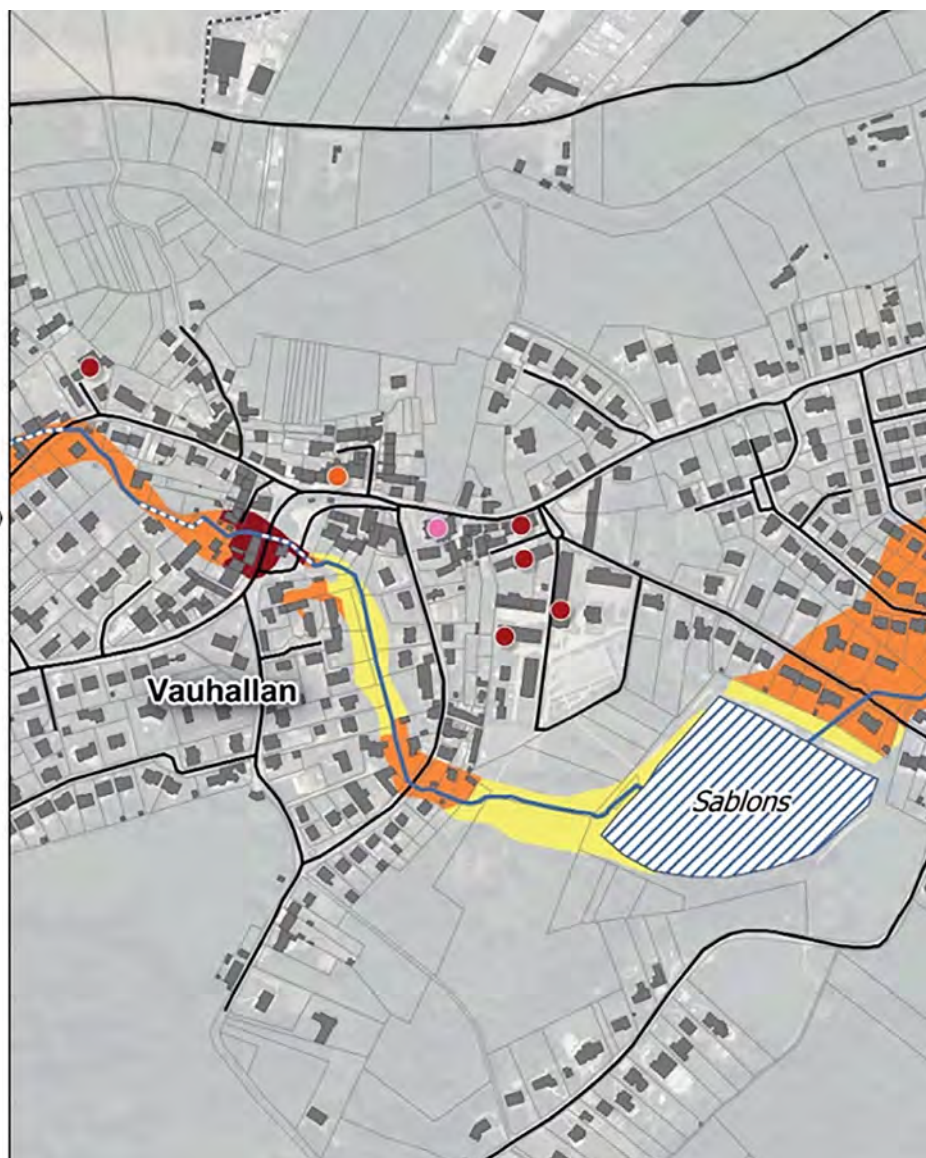


Illustration 34 : exemple de carte des enjeux du PPRi de la vallée de la Bièvre et du ru de Vauhallan (91). (Source : DDT de l'Essonne).

V. L'ÉLABORATION DE LA PARTIE RÉGLEMENTAIRE

Les PPRi ont pour objectif de préserver les vies humaines, de limiter l'exposition de nouvelles populations ou activités à un risque d'inondation, de préserver les zones d'expansion des crues et le libre écoulement de l'eau afin de ne pas aggraver les risques d'inondation sur d'autres territoires, et de réduire la vulnérabilité des enjeux existants et les dommages aux biens¹⁷⁵. Pour cela, ces plans visent en premier lieu à maîtriser et adapter l'urbanisation en zone inondable.

L'atteinte de ces objectifs repose sur le couple constitué par le **zonage réglementaire** et le **règlement** qui lui est associé. Ces deux documents sont les deux pièces opposables du PPRi approuvé.

Le zonage réglementaire délimite des zones homogènes en termes de risque et permet d'appréhender directement les grandes lignes des dispositions associées (interdiction dans les « zones rouges », autorisation sous conditions dans les « zones bleues », etc.). Le règlement précise pour chacune de ces zones :

- les règles applicables aux projets¹⁷⁶ nouveaux et aux projets sur des biens existants ([voir partie 5.2.2](#)) ;
- les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ([voir partie 5.2.3](#)) ;
- les mesures de réduction de la vulnérabilité définies pour les biens et activités existants (rendues obligatoires ou recommandées par le PPRi) ([voir partie 5.2.4](#)).

Les principes généraux relatifs à l'élaboration du zonage réglementaire et du règlement sont définis par le cadre national (code de l'environnement, guides méthodologiques, etc.). Ce cadre présente toutefois des marges d'appréciation et doit être décliné selon les spécificités du territoire d'étude. La réflexion menée pour mettre en adéquation le dossier de PPRi avec les spécificités et les demandes du territoire, **tout en restant dans le cadre national**, constitue la « stratégie du PPRi ». Elle se construit itérativement, sous la responsabilité des services de l'État, en **association avec les personnes et organismes associés**, notamment les collectivités locales concernées, et en **concertation avec le public**.

5.1. Le zonage réglementaire

5.1.1. Les principes généraux

Élaborer le zonage réglementaire revient à délimiter différents types de zones en fonction des principes de prévention¹⁷⁷ à y appliquer, notamment sous l'angle de la réglementation des projets : principe général d'interdiction des projets, ou principe général d'admissibilité des projets sous réserve du respect de prescriptions de réalisation, d'utilisation et/ou d'exploitation.

Le zonage réglementaire s'appuie sur une logique de proportionnalité et de gradation en fonction du niveau d'aléa et du niveau d'urbanisation de la zone :

- plus le niveau d'aléa est élevé, plus les restrictions sont fortes ;
- moins la zone est densément urbanisée, plus les interdictions sont importantes. En effet, des constructions nouvelles en zone non urbanisée suppriment des volumes de stockage, limitent les capacités d'écoulement des zones d'expansion des crues et sont ainsi susceptibles d'aggraver les risques sur d'autres secteurs. Par ailleurs, cela augmente les enjeux exposés, ce qui est contraire aux objectifs nationaux de la prévention des risques. *A contrario*, en zone dense, les possibilités de construction sont plus limitées.

¹⁷⁵. Cf. circulaire du 24 janvier 1994.

¹⁷⁶. La notion de projet peut faire référence dans le cadre de ce guide à tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle que les PPRi réglementent (article L. 562-1 du code de l'environnement).

¹⁷⁷. Les prescriptions visent à répondre aux objectifs de la politique publique de prévention des risques (augmenter la sécurité des populations exposées et préserver les vies humaines ; stabiliser sur le court terme et réduire à moyen terme le coût des dommages potentiels liés aux inondations ; raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés) et doivent être proportionnées à la connaissance de l'aléa prévisible.

L'article R. 562-11-6¹⁷⁸ du code de l'environnement précise les dispositions prévues à l'article L. 562-1 du code de l'environnement pour ce qui relève des constructions nouvelles. **L'élaboration du zonage réglementaire repose sur le croisement entre les niveaux d'aléa (faible, modéré, fort, très fort) et les niveaux d'urbanisation (zone urbanisée, non urbanisée, centre urbain),** selon les modalités développées ci-dessous.

Dans les **zones urbanisées** :

- dans les secteurs soumis à des **niveaux d'aléa fort et très fort**, le principe général est **d'interdire les nouvelles constructions**. Certaines constructions peuvent toutefois y être rendues possibles sous réserve du respect de prescriptions :
 - lorsqu'elles sont réalisées dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération ([voir partie 5.2.2.1](#)),
 - lorsqu'elles s'inscrivent dans le cadre des exceptions de l'article R. 562-11-7 du code de l'environnement (demandes d'exception au principe général d'interdiction portées par les collectivités, [voir partie 5.1.2.](#)),
 - lorsqu'elles relèvent des cas prévus par l'article R. 562-11-8 du code de l'environnement (constructions qui, par leurs caractéristiques, peuvent ne pas être interdites, [voir partie 5.2.2.2](#)),
 - **dans les centres urbains et en aléa fort uniquement**, lorsqu'elles se situent dans des dents creuses ;
- dans les secteurs soumis à des **niveaux d'aléa faible et modéré**, le principe général est d'autoriser les nouvelles constructions sous réserve du respect de prescriptions. Il est cependant possible d'y interdire certains projets, selon leur nature et le contexte local ([voir partie 5.2.2.1](#)).

Dans les **zones non urbanisées, quel que soit le niveau d'aléa de référence, le principe général est d'interdire les constructions nouvelles**. Certaines constructions nouvelles peuvent toutefois y être rendues possibles sous réserve du respect de prescriptions :

- **dans les secteurs soumis à des niveaux d'aléa faible et modéré** : lorsqu'elles s'inscrivent dans le cadre des exceptions de l'article R 562-11-7 du code de l'environnement (exceptions à l'interdiction portées par les collectivités, [voir partie 5.1.2.](#)) ;
- **pour tous secteurs inondables, indépendamment du niveau d'aléa** : lorsqu'elles relèvent des cas prévus par l'article R. 562-11-8 du code de l'environnement (constructions qui, par leurs caractéristiques, peuvent ne pas être interdites, [voir partie 5.2.2.2](#)).

Le tableau ci-après synthétise les grands principes réglementaires en fonction des niveaux d'aléa et des niveaux d'urbanisation.

178. Il est rappelé que cet article, comme l'ensemble des articles R. 562-11-1 à R. 562-11-9, est issu du décret PPRi de 2019 et est spécifique aux débordements de cours d'eau (hors cours d'eau torrentiels) et à la submersion marine.

Niveau d'aléa de référence		Faible	Modéré	Fort	Très fort
Zone urbanisée	Centre urbain	Principe général : constructions nouvelles soumises à prescriptions.		Principe général d'interdiction, sauf : <ul style="list-style-type: none"> ● constructions nouvelles dans les dents creuses¹⁷⁹ ; ● constructions nouvelles dans le cadre d'opération de renouvellement urbain avec réduction de la vulnérabilité ; ● exceptions sur demande de la collectivité¹⁸⁰. 	Principe général d'interdiction, sauf : <ul style="list-style-type: none"> ● constructions nouvelles dans le cadre d'opération de renouvellement urbain avec réduction de la vulnérabilité ; ● exceptions sur demande de la collectivité.
	Zone urbanisée, en dehors des centres urbains			Principe général d'interdiction sauf : <ul style="list-style-type: none"> ● constructions nouvelles dans le cadre d'opérations de renouvellement urbain avec réduction de la vulnérabilité ; ● exceptions sur demande de la collectivité. 	
Zone non urbanisée		Principe général d'interdiction sauf exceptions sur demande de la collectivité.		Principe général d'interdiction.	

Tableau 10 : principes généraux de construction des zonages réglementaires en fonction du niveau d'aléa et du niveau d'urbanisation, définis à l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement.

Un tableau complet est proposé [en partie 5.1.3](#). (voir tableau 12).

En complément de ces règles générales, des zones particulières, dans lesquelles le principe général est l'interdiction des constructions nouvelles, peuvent être intégrées dans le zonage lorsque la configuration du secteur et/ou la nature de l'aléa le justifient¹⁸¹ : difficultés liées aux accès, aux réseaux, effets de seuils (cuvette), problèmes d'évacuation des eaux, effets dominos, etc.

Enfin, en application des articles L. 562-1-II-2° et R. 562-3 du code de l'environnement, le zonage réglementaire délimite également les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des projets pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux, afin que le règlement y prévienne des mesures d'interdiction ou des prescriptions.

5.1.2. Les exceptions à l'interdiction dans le cadre d'une demande de collectivité

5.1.2.1. L'objectif

Certains territoires sont confrontés à des besoins de construction liés par exemple à une forte pénurie de logements et disposent cependant d'un foncier très contraint (territoire grevé par des risques plus graves que ceux liés aux inondations, ou par des nuisances ayant des impacts majeurs pour la santé publique et qui ne peuvent être supprimées).

¹⁷⁹. Lorsqu'un PPRi autorise les constructions nouvelles « dans une dent creuse de l'urbanisation actuelle », il convient de se référer à l'urbanisation existante lors de l'adoption du plan, et non à l'urbanisation existante à la date à laquelle il est statué sur une demande de permis de construire. Dans le cas d'une « dent creuse » de l'urbanisation apparue postérieurement à l'adoption du plan, seules sont applicables les dispositions sur les reconstructions (Conseil d'État, 12 octobre 2016, n° 395089).

¹⁸⁰. Pour le détail relatif aux exceptions, voir tableau 11.

¹⁸¹. Article R. 562-11-6 IV du code de l'environnement.

Construire dans certaines zones inondables soumises par défaut à un principe d'interdiction, sous réserve de précautions limitant les risques et diminuant globalement la vulnérabilité, s'avère parfois être la solution la plus pertinente au regard d'une réflexion de planification globale croisant l'ensemble des enjeux et des contraintes du territoire sur l'ensemble du bassin de vie.

Le code de l'environnement introduit ainsi la possibilité d'autoriser, sous conditions fortes certains projets essentiels pour le bassin de vie ([voir partie 5.2.2.3](#)), dans le cadre d'une demande portée par l'autorité compétente en matière de plan local d'urbanisme¹⁸² et instruite par le préfet lors de l'élaboration du PPRi ([voir partie 5.2.2.4](#)) (articles R. 562-11-6 et 7 du code de l'environnement).

Il convient d'insister sur le fait que la réglementation ouvre cette possibilité d'exception pour des secteurs exposés à des niveaux d'aléa élevés, de nature à menacer la sécurité des personnes et des biens. Elle doit donc s'accompagner de justifications et de garanties importantes, qui ne pourront être réunies que dans des cas limités. Cette disposition ne doit donc être utilisée que dans des cas exceptionnels, et donc de façon extrêmement limitée.

5.1.2.2. Les configurations dans lesquelles un projet est éligible au régime d'exception

Sont concernés les secteurs porteurs d'un projet d'aménagement se situant (article R. 562-11-6 et 7 du code de l'environnement) :

- en **centre urbain**, soumis à un **aléa fort ou très fort** ;
- en **zone urbanisée hors centre urbain**, soumise à un **aléa fort ou très fort**. Dans cette configuration, l'exception n'est envisageable que **si le projet est protégé par un système d'endiguement dont le niveau de protection est au moins égal à l'aléa de référence** ;
- en zone **non urbanisée**, soumis à un **aléa faible ou modéré**¹⁸³. Dans cette configuration, l'exception n'est envisageable que dans le cas, très spécifique, où « *les constructions nouvelles dans ce secteur sont compensées par la démolition de l'ensemble d'une zone urbanisée existante située dans les zones d'aléa de référence de niveau plus important, permettant ainsi de réduire la vulnérabilité globale* » (article R. 562-11-7). Ce type de réflexion peut être par exemple porté dans le cadre d'un projet de recomposition spatiale du territoire entraînant une relocalisation d'une partie de zone urbaine existante. Dans la mesure où le projet doit réduire la vulnérabilité globale, la démolition concerne généralement une zone similaire, en taille et en composition, à celle objet de la demande d'exception.

Niveau d'aléa de référence		Niveau d'urbanisation	
		Faible ou modéré	Fort ou très fort
Zone urbanisée	Centre urbain	Sans objet (les constructions nouvelles sont soumises à prescriptions sans appliquer le principe d'exception).	Exceptions possibles sur demande de la collectivité lors de l'élaboration du PPRi et sous conditions.
	Zone urbanisée, en dehors des centres urbains		Exceptions possibles sur demande de la collectivité lors de l'élaboration du PPRi et sous conditions, uniquement dans les zones protégées par un système d'endiguement dont le niveau de protection est au moins égal à l'aléa de référence.
Zone non urbanisée		Exceptions possibles sur demande de la collectivité lors de l'élaboration du PPRi et sous conditions, uniquement dans le cadre d'une relocalisation d'une zone urbaine réduisant la vulnérabilité globale.	Pas de possibilité de demande d'exception par la collectivité.

Tableau 11 : synthèse relative aux configurations éligibles aux exceptions sur demande de la collectivité et sous conditions, définies à l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement.

¹⁸². Ou de document en tenant lieu ou de carte communale

¹⁸³. La mise en œuvre du régime d'exception n'est pas envisageable dans les zones non urbanisées soumises à un aléa fort ou très fort.

Un tableau complet est proposé [en partie 5.1.3.](#) (voir tableau 12).

5.1.2.3. Les critères d'appréciation

En application de l'article R. 562-11-7, la demande d'exception doit démontrer :

- que la nature du projet est compatible avec les possibilités ouvertes par le régime d'exception au regard de son caractère essentiel et de l'absence d'implantation alternative à l'échelle du bassin de vie ;
- que le projet ne présente pas de risques excessifs.

5.1.2.3.1. La compatibilité de la nature du projet

La demande d'exception concerne un secteur porteur d'un projet d'aménagement « **essentiel pour le bassin de vie** », et « **sans solution d'implantation alternative à cette échelle, ou pour lequel les éventuelles solutions d'implantation alternatives à l'échelle du bassin de vie présentent des inconvénients supérieurs à ceux résultant des effets de l'aléa de référence** ».

La demande d'exception doit justifier le respect de ces deux critères.

Le caractère essentiel du projet d'aménagement s'évalue au regard du rôle du projet sur le fonctionnement du bassin de vie¹⁸⁴ et sur la qualité de vie de ses habitants. Il est à apprécier au regard des besoins et enjeux du territoire, dont il doit prendre en compte les spécificités géographiques, économiques et sociales. À titre d'exemple, en matière de logements, il convient de distinguer le cas échéant les besoins en résidences principales des besoins en résidences secondaires, ces derniers n'entrant pas dans le cadre de ce type d'exception. Pour les activités économiques, le taux de chômage dans le bassin de vie peut être un élément d'éclairage pour qualifier d'essentiel ou non le projet d'aménagement.

La réflexion pour justifier le **choix d'emplacement** se fait sur le périmètre du bassin de vie, à l'échelle de plusieurs communes ayant le même bassin d'emploi. En effet, un emplacement alternatif moins exposé se trouve parfois sur la commune voisine. En aucun cas, les demandes d'exception ne sont examinées à l'échelle communale.

Définition du bassin de vie dans le cadre du régime d'exception des PPRI

Dans la méthodologie proposée par l'INSEE, le bassin de vie est le plus petit territoire sur lequel les habitants ont accès aux équipements et services les plus courants. L'INSEE classe les équipements et services en six domaines : services aux particuliers ; commerce ; enseignement ; santé ; sports, loisirs et culture ; transports. Il les recense dans la base permanente des équipements (BPE). Selon cette méthode, 1 707 bassins de vie sont délimités en France métropolitaine et dans les DOM¹⁸⁵ au moment de l'élaboration de ce guide.

Le bassin de vie peut également être appréhendé au regard du périmètre des schémas de cohérence territoriaux (SCoT). L'article L. 143-3 du code de l'urbanisme prévoit en effet que le périmètre du SCoT prenne en compte les déplacements et modes de vie quotidiens au sein du bassin d'emploi, les besoins de protection des espaces naturels et agricoles ainsi que les besoins et usages des habitants en matière de logements, d'équipements, d'espaces verts, de services et d'emplois.

Dans le cadre d'un PPRI, le bassin de vie se définit à l'échelle de plusieurs communes ayant le même bassin d'emploi et où les habitants ont accès aux équipements et services les plus courants. Les deux approches sont possibles. Il est *a priori* recommandé de retenir celle du code de l'urbanisme (périmètre des SCoT). Il peut cependant être utile de comparer la carte de délimitation des bassins de vie selon la méthode INSEE avec les périmètres des SCoT existants, en lien avec les services chargés de la planification.

184. Notamment vis-à-vis des équipements et services nécessaires pour définir un bassin de vie (éléments développés dans l'encart ci-après).

185. <https://www.insee.fr/fr/information/6676988>

La collectivité doit donc avoir défini le projet d'aménagement, et a fortiori ses objectifs, lors de l'élaboration du PPRi. Afin d'être en capacité de présenter une demande d'exception, les collectivités ont mené une réflexion aboutie sur les orientations de leur territoire, par exemple à l'échelle du SCoT. Elles présentent des éléments de diagnostic étoffés sur les besoins et les contraintes rencontrés pour la réalisation de ces orientations.

La notion d'« **inconvenients supérieurs à ceux résultant des effets de l'aléa de référence** »¹⁸⁶ signifie que les risques et les nuisances sur les éventuels emplacements alternatifs sont plus élevés que sur l'emplacement objet de la demande d'exception, au regard d'une approche globale pouvant tenir compte de manière mesurée d'autres contraintes que les seuls risques naturels. Cette analyse peut par exemple intégrer une nuisance ayant des impacts majeurs pour la santé publique et qui ne peut pas être supprimée, comme par exemple les zones A ou B d'un plan d'exposition au bruit d'un aéroport.

5.1.2.3.2. L'adaptation du projet aux risques

La recevabilité de la demande d'exception s'analyse ensuite au regard de la **vulnérabilité du projet** et l'absence de risques excessifs auxquels il ne peut être remédié par des **prescriptions**. Cela s'apprécie à travers les éléments listés à l'article R. 562-11-7 3° du code de l'environnement :

- la capacité du projet à assurer le **libre écoulement des eaux**, et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation ;
- lorsque des systèmes d'endiguement existent, et que leur existence constitue une condition d'éligibilité au régime d'exception¹⁸⁷, le **niveau de protection** du ou des systèmes d'endiguement, leurs conditions d'entretien et d'exploitation, ainsi que la connaissance des écoulements des eaux pour un événement exceptionnel ;
- une conception de l'aménagement permettant la **sécurité des personnes et des biens et un retour rapide à une situation normale**, ainsi que des dispositions en matière de **sensibilisation des populations**. Il convient notamment :
 - que les populations (y compris les personnes vulnérables ou à mobilité réduite) puissent être simplement et rapidement évacuées ou déplacées vers des zones refuges suffisamment dimensionnées, et ce en toute sécurité,
 - que le fonctionnement des réseaux puisse être préservé,
 - que l'aménagement et les constructions soient conçus de manière à limiter au maximum les dégâts sur les biens,
 - etc. ;
- les dispositions en matière **d'alerte et de gestion de crise**, y compris les délais prévisibles d'alerte et de secours au vu des caractéristiques de l'aléa. En élément d'éclairage, l'existence d'un plan communal (ou intercommunal) de sauvegarde (PCS ou PICS)¹⁸⁸ et l'existence d'un document d'organisation du système d'endiguement (DOS)¹⁸⁹, en présence d'un système d'endiguement, sont à vérifier. Les conditions d'évacuation des populations sont des éléments d'analyse déterminants. De ce fait, l'existence et le contenu de ces documents peuvent conditionner les suites données à la demande.
- la **réduction de la vulnérabilité à l'échelle du bassin de vie**, par une action à une échelle plus large que celle du projet : le projet augmentant de fait la vulnérabilité du territoire concerné, il convient d'agir, par tout moyen pertinent, pour que la réduction de la vulnérabilité puisse être diminuée ailleurs sur le bassin de vie. Le PAPI est un bon outil pour mener cette réflexion.

Il convient de préciser qu'il s'agit d'éléments d'appréciation sur lesquels le préfet s'appuie pour prendre la décision, et **en aucun cas de critères donnant lieu automatiquement à une acceptation de la demande**.

¹⁸⁶. Article R. 562-11-7 du code de l'environnement.

¹⁸⁷. En zone urbanisée hors centre urbain, une demande d'exception ne peut porter que sur un secteur protégé par un système d'endiguement vérifiant les conditions demandées. En centre urbain, l'existence et le niveau de protection d'un système d'endiguement peuvent être appréciés, mais ne constituent pas *stricto sensu* une condition nécessaire à l'éligibilité.

¹⁸⁸. Voir les articles L. 731-4 à L. 731-5 et R. 731-5 à D. 731-13 du code de la sécurité intérieure et le décret n° 2022-907 du 20 juin 2022 relatif au plan communal et intercommunal de sauvegarde qui donnent notamment des éléments en matière de contenu des P(I)CS et de recommandations en matière d'exercices et de mobilisation de la population.

¹⁸⁹. Décrit à l'article R. 214-122 i 2° du code de l'environnement qui précise les conditions d'entretien et d'exploitation du ou des systèmes d'endiguement et précise également « les moyens d'information et d'alerte de la survenance de crues et de tempêtes ».

A *contrario*, l'atteinte de tous les objectifs décrits dans les éléments d'appréciation ci-dessus n'est pas strictement obligatoire. Toutefois, dans l'hypothèse où l'un d'eux serait inatteignable, il convient que la collectivité fournisse une solide argumentation permettant de le démontrer, et si possible envisage d'autres types de mesures en compensation.

5.1.2.4. La procédure administrative des demandes d'exceptions

La demande d'exception aux principes d'interdiction du PPRi doit se faire sur demande d'une collectivité dans le cadre de la procédure d'élaboration ou de révision du PPRi. Elle doit être adressée au préfet au plus tard à l'occasion de la consultation des organes délibérants de la collectivité lors de l'élaboration ou de la révision du PPRi, prévue aux articles R. 562-7 et R. 562-10 du code de l'environnement.

Afin de respecter les délais de réalisation du PPRi, les demandes d'exceptions et les modalités associées sont à discuter le plus tôt possible dans la démarche d'élaboration du PPRi, idéalement dès les premières étapes de l'association.

Ces demandes doivent concerner des projets dont la nature et les objectifs sont clairement identifiés et définis : elles ne peuvent pas simplement viser des espaces désignés par anticipation à d'éventuels projets (comme « espaces stratégiques en mutation » ou « zones d'intérêt stratégique »).

Compte-tenu du temps long nécessaire à l'émergence de tels projets, il n'est pas à exclure qu'un PPRi approuvé dans un premier temps maintienne l'interdiction de constructions nouvelles dans la zone prescrite, dans l'attente d'une évolution à venir (modification ou révision du PPRi en fonction de l'ampleur de l'évolution).

En effet, la définition du projet doit être suffisamment avancée pour pouvoir justifier de l'ensemble des critères d'appréciation décrits [en partie 5.2.2.3](#). Ces éléments ne peuvent être appréciés qu'au regard d'une implantation déjà identifiée et d'un projet relativement défini. Il doit donc s'agir d'un secteur circonscrit au périmètre du projet, avec les quelques marges strictement nécessaires à la mise en œuvre du chantier.

Le dossier de demande d'exception contient, conformément notamment à l'article R. 562-11-7 du code de l'environnement :

- une délibération motivée de la collectivité compétente en matière de PLU, de document en tenant lieu ou de carte communale, ainsi qu'un avis de l'autorité compétente en matière de GEMAPI ;
- un argumentaire démontrant que le projet répond aux critères d'éligibilité¹⁹⁰ ;
- une analyse des éléments d'appréciation du projet ;
- des cartes détaillées de l'emplacement du projet, des constructions et des éventuelles mesures compensatoires (démolition d'une zone urbanisée existante dans le cadre d'une exception en zone non urbanisée par exemple).

Le dossier attendu peut inclure en plus des pièces sus-citées :

- une note technique et administrative (démarches, planning, etc.) du projet ;
- une étude de sensibilité des réseaux et des accès nécessaires au projet ;
- un état des documents d'urbanisme en cours : PLU(i), SCOT, etc., et une réflexion sur les orientations du territoire (besoins et contraintes rencontrés pour la réalisation de ces orientations) ;
- l'étude de l'impact du projet sur le risque inondation au droit, en amont et en aval, avec description de l'état actuel et projeté ;
- une évaluation, à l'échelle du bassin de vie, des enjeux et de la vulnérabilité à l'échelle du projet, ainsi que l'analyse de l'impact du projet en termes de risque.

La demande d'exception, si elle est accordée par le préfet, est intégrée au PPRi sous la forme d'une zone spécifique dans le zonage réglementaire, circonscrit au périmètre du projet, et d'un article dédié dans le règlement qui précise la nature des projets rendus possibles et les prescriptions associées.

Dans le cas contraire, le préfet informe par courrier la collectivité ayant fait la demande d'exceptions, en motivant les raisons du refus.

190. Pour pouvoir être examinée dans de bonnes conditions par les services de l'État chargés de l'élaboration du PPRi, la délibération doit être dûment motivée au regard de chacune des conditions et de chacun des éléments d'appréciation.

5.1.3. Les principes de traduction réglementaire (tableau de synthèse)

Les éléments des parties précédentes peuvent être synthétisés dans le tableau suivant.

Niveau d'aléa de référence		Faible ou modéré	Fort	Très fort
Niveau d'urbanisation				
Zone urbanisée	Centre urbain	<p>Les constructions nouvelles sont soumises à prescriptions. (article R. 562-11-6 II et III du code de l'environnement).</p> <p>(Certains projets peuvent être interdits) (article R. 562-11-6 IV du code de l'environnement).</p>	<p>Toute construction nouvelle est interdite (principe général),</p> <p>sauf, sous réserve du respect de prescriptions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● les constructions nouvelles en dents creuses (article R. 562-11-6 III du code de l'environnement) ; ● les constructions nouvelles réalisées dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération (article R. 562-11-6 III du code de l'environnement) ; ● les projets relevant de l'article R. 562-11-8 du code de l'environnement. <p>Des exceptions sont possibles sur demande de la collectivité et sous conditions (articles R. 562-11-6 III et R. 562-11-7 et du code de l'environnement).</p>	<p>Toute construction nouvelle est interdite (principe général),</p> <p>sauf, sous réserve du respect de prescriptions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● les constructions nouvelles réalisées dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération (article R. 562-11-6 III du code de l'environnement) ; ● les projets relevant de l'article R. 562-11-8 du code de l'environnement. <p>Des exceptions sont possibles sur demande de la collectivité et sous conditions (articles R. 562-11-6 III et R. 562-11-7 et du code de l'environnement).</p>
	Zone urbanisée, en dehors des centres urbains		<p>Toute construction nouvelle est interdite (principe général),</p> <p>sauf, sous réserve du respect de prescriptions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● les constructions nouvelles réalisées dans le cadre d'une opérations de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération (article R. 562-11-6 II du code de l'environnement) ; ● les projets relevant de l'article R. 562-11-8 du code de l'environnement. <p>Des exceptions sont possibles sur demande de la collectivité et sous conditions, portant notamment sur la nécessité que le projet se situe dans une zone protégée par un système d'endiguement dont le niveau est au moins égal à l'aléa de référence du PPRi (articles R. 562-11-6 II et R. 562-11-7 du code de l'environnement).</p>	

Niveau d'aléa de référence Niveau d'urbanisation	Faible ou modéré	Fort	Très fort
Zone non urbanisée	<p>Toute construction nouvelle est interdite (principe général), (article R. 562-11-6 I du code de l'environnement)</p> <p>sauf, sous réserve du respect de prescriptions, les projets relevant de l'article R. 562-11-8 du code de l'environnement (types de constructions qui, compte tenu de leurs caractéristiques, peuvent ne pas être interdits).</p> <p>Des exceptions sont possibles sur demande de la collectivité et sous conditions, portant notamment sur la nécessité que le projet s'accompagne d'une « relocalisation » d'une zone urbaine réduisant la vulnérabilité (articles R. 562-11-6 I et R. 562-11-7 du code de l'environnement).</p>	<p>Toute construction nouvelle est interdite (principe général) (article R. 562-11-6 I du code de l'environnement)</p> <p>sauf, sous réserve du respect de prescriptions, les projets relevant de l'article R. 562-11-8 du code de l'environnement.</p> <p>(Pas de possibilité de demande d'exception de la collectivité)</p>	

Tableau 12 : les principes de traduction réglementaire.

5.1.4. La construction du zonage réglementaire

Les principes généraux exposés au 5.1.1 reposent sur le croisement entre les niveaux d'aléa et les niveaux d'urbanisation. Une première version « brute » du zonage réglementaire peut donc être bâtie sur la base d'un croisement automatique, opéré via des outils SIG, des couches représentant :

- la carte d'aléa, distinguant les secteurs soumis à un aléa faible, modéré, fort ou très fort ;
- la carte des niveaux d'urbanisation, distinguant les zones non urbanisées, les zones urbanisées en dehors des centres urbains et les centres urbains.

Ce croisement « brut » ne constitue que la première étape du travail de construction du zonage. Il est ensuite affiné pour :

- si nécessaire **subdiviser les zones** d'interdiction et les zones d'autorisation sous prescriptions en sous-zones homogènes du point de vue de la réglementation que l'on souhaite y appliquer. Ces subdivisions peuvent dépendre de la nature des aléas, du type d'espace concerné, ou encore de la nature prévisible des projets qui pourraient s'y trouver. Une zone particulière peut être délimitée chaque fois que les caractéristiques d'un risque le justifient. Bien que leur identification repose principalement sur un objectif de réglementation des projets (principe général d'interdiction ou d'autorisation avec prescriptions), ces zones peuvent également servir à l'adaptation des mesures de prévention, protection et sauvegarde, ainsi que des mesures de réduction de la vulnérabilité des biens et activités existants. Elles ne sont en revanche pas définies explicitement en référence à un projet précis¹⁹¹, quelle que soit la qualité de son porteur (État, collectivité, etc.).

191. Notamment car des mesures spécifiques à un projet précis peuvent être source de contestations et d'inégalités de traitement avec les autres configurations comparables, et augmentent le risque de contentieux.

- intégrer :
 - les éventuels secteurs ayant fait l'objet d'une **demande au titre du régime dérogatoire** et validés par le préfet (voir partie 5.2.2) ;
 - les éventuelles **zones particulières**, dans lesquelles le principe général est l'interdiction des constructions nouvelles du fait de la configuration du secteur et/ou la nature de l'aléa¹⁹² ;
- **lisser le zonage** afin de faciliter sa lecture et son utilisation dans le cadre de la définition et de l'instruction des projets. Cela peut par exemple consister à :
 - lisser des limites de zones qui font parfois apparaître des crénelages issus du modèle numérique de terrain utilisé pour établir la carte d'aléa¹⁹³ ,
 - lisser des secteurs globalement homogènes mais au sein desquels subsistent de très petites surfaces appartenant à un autre type de zonage¹⁹⁴ ;
- **simplifier et adapter (à la marge) certaines limites** pour assurer la cohérence d'ensemble du zonage.

Cette étape d'affinage du zonage nécessite de prendre en compte le contexte territorial et les spécificités identifiées lors de l'analyse des enjeux et l'association des acteurs locaux. Réalisée sous la responsabilité du service instructeur, la construction du zonage réglementaire fait l'objet d'une **démarche concertée** afin que les principes d'élaboration et les choix opérés soient compréhensibles, notamment par les collectivités compétentes en matière d'urbanisme.

5.1.5. La représentation cartographique du zonage réglementaire

Le zonage réglementaire est un document opposable qui renvoie vers les prescriptions réglementaires. Il doit être suffisamment précis et lisible pour pouvoir être utilisé sans ambiguïté lors de l'instruction de demandes d'urbanisme.

La lisibilité de ce zonage nécessite un choix pertinent de l'échelle d'utilisation du document et du mode de représentation cartographique. Ces caractéristiques ne sont pas réglementairement imposées mais sont précisées par la jurisprudence constante du Conseil d'État. Elles sont à adapter aux spécificités du territoire couvert par le PPRi ainsi qu'aux données cartographiques disponibles.

Il est recommandé d'établir le zonage :

- au 1 : 5 000, voire parfois plus finement dans les zones complexes ;
- sur la base de différents fonds de plan¹⁹⁵, dont l'orthophoto-plan de l'IGN ou le fond cadastral. Bien que cela ne soit pas obligatoire¹⁹⁶, il est recommandé d'afficher le découpage parcellaire qui rend l'instruction des permis de construire plus aisée. L'affichage d'une toponymie des lieux (cours d'eau, quartiers, lieux-dits) peut également permettre aux utilisateurs du PPRi de plus facilement se repérer.

Dans la mesure où le géostandard Risques traite spécifiquement des PPRn (voir annexe 7.5) et qu'il propose, pour leurs zonages, des codes couleurs en fonction du type de réglementation, il est recommandé de s'y conformer. Conventionnellement, le géostandard propose de retenir le rouge pour les secteurs où le principe général est l'interdiction de construire, et le bleu pour les secteurs où le principe général est l'autorisation de constructions nouvelles sous réserve du respect de prescriptions. Les choix dans les trames ou les nuances de couleur peuvent ensuite permettre de distinguer différentes zones en fonction de leurs spécificités (gradation de la contrainte, sous-secteur lié à des enjeux particuliers, affichage d'un régime d'exception, etc.). Cette représentation graphique avec des aplats de rouge et de bleu est aujourd'hui bien connue par le grand public.

192. Article R. 562-11-6 IV du code de l'environnement

193. Ce type de lissage peut être également réalisé directement sur la carte d'aléa (dans ce cas, il convient de l'anticiper dans le cahier des charges de l'étude d'aléa).

194. Des seuils de surface différents peuvent être déterminés pour identifier les isolats s'intégrant dans un zonage réglementaire plus restrictif et les isolats fusionnant dans un zonage réglementaire moins restrictif. Dans le second cas, le seuil doit rester très petit (généralement de quelques mètres carrés à quelques dizaines de mètres carrés). Par ailleurs, cette fusion ne doit pas relever uniquement de traitements automatisés basés sur des seuils de surface, mais requiert une interprétation experte pour appréhender l'environnement du polygone à fusionner.

195. Dans certains cas, il peut exister des décalages entre les différents fonds de plan. C'est pourquoi il convient d'identifier explicitement la carte de référence en cas de discordance.

196. Cf. l'avis du Conseil d'État, dans sa décision du 7/11/2012 MEEM contre chambre d'agriculture du Var, PPRi du Gapeau.

S'il est recommandé d'appliquer les couleurs du géostandard, il est cependant possible d'opter pour des représentations cartographiques différentes. Cela peut par exemple s'avérer utile :

- lorsque le nombre de zones est trop important pour que la palette de couleurs allant du rouge au bleu soit suffisante pour toutes les distinguer (des nuances subtiles de couleurs, visibles sur des cartographies numériques, ne le sont pas forcément sur un document imprimé) ;
- lorsqu'il est difficile de classer une zone selon la seule distinction principe général d'interdiction des nouvelles constructions (du côté rouge du nuancier) / principe général d'autorisation des constructions nouvelles sous prescriptions (du côté bleu du nuancier) : à titre d'exemple, une zone pour laquelle le principe réglementaire retenu serait l'interdiction de construire des bâtiments à usage d'habitation mais la possibilité de construire sous conditions des bâtiments à usage d'activité pourrait prendre une couleur intermédiaire ;
- pour la représentation de zones ayant une fonction ou nature particulière : zones d'aggravation des risques non directement exposées faisant l'objet de prescriptions particulières, bandes de sécurité situées derrière des ouvrages de protection, zones à réglementation spécifique, etc. ;
- afin d'assurer une homogénéité de représentation avec des PPRi déjà approuvés sur des secteurs voisins.

Au-delà du choix des couleurs, **il est ainsi souvent adapté d'utiliser des trames différentes (hachuré, pointillé, etc.) afin de faire des distinctions entre différentes zones.** Pour éviter toute confusion dans la lecture des couleurs ou des valeurs, l'ajout d'une lettre (R pour zone rouge et B pour zone bleue, par exemple) et d'indices numériques (secteurs B1, B2, etc.) permet d'identifier les zonages où des mesures différentes s'appliquent.

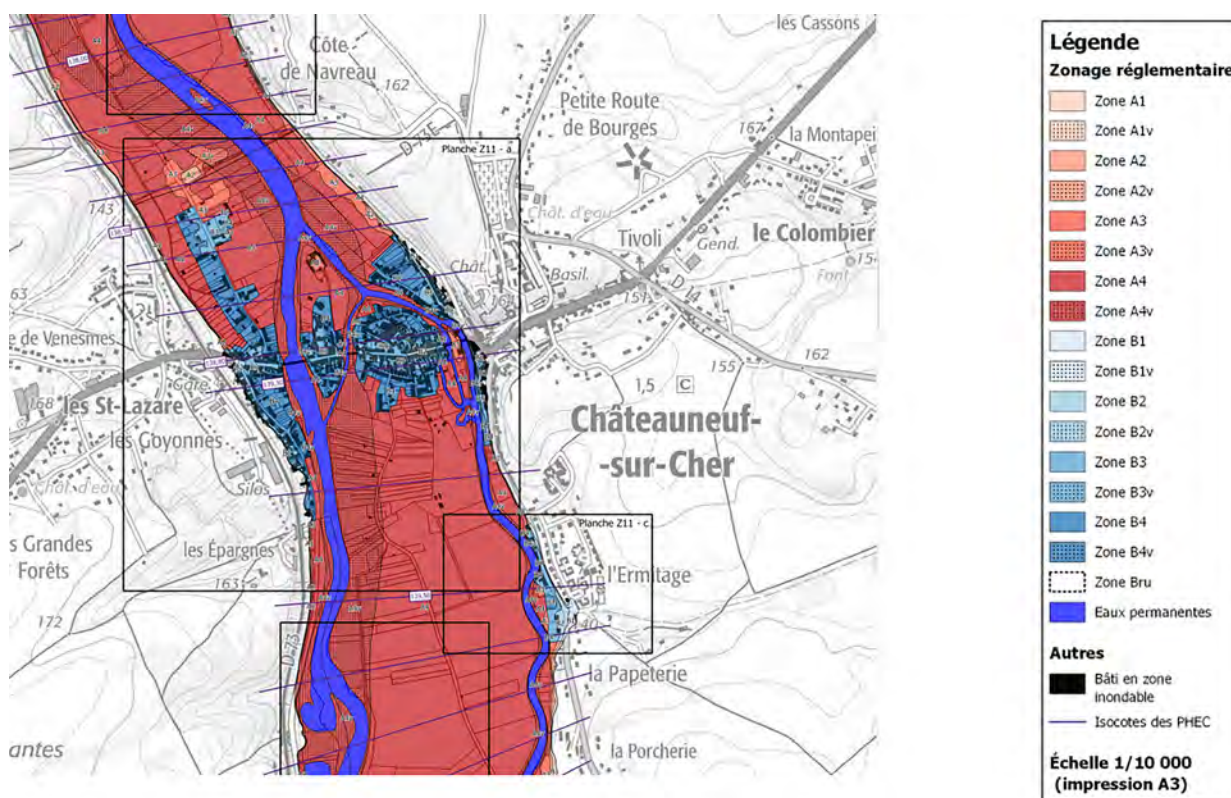


Illustration 35 : PPRi du Cher rural, extrait des cartes du zonage règlementaire.

Le règlement peut faire mention d'une « cote de référence » (altitude qu'il est recommandé d'exprimer en mètres NGF), par exemple dans le cadre de prescriptions de surélévation de premiers planchers, d'ouvertures ou d'équipements sensibles. Cette cote correspond au niveau maximal des eaux pour l'évènement de référence, souvent majoré d'une revanche de sécurité¹⁹⁷.

¹⁹⁷. Il est recommandé de retenir par précaution une marge de sécurité de 10 à 20 % de la hauteur d'eau estimée (et au moins 10 cm) afin de prendre en compte les incertitudes liées à l'élaboration de la carte d'aléa, ainsi que celles liées à la réalisation des projets. Par exemple, dans les secteurs où les hauteurs d'eau maximales sont évaluées à 50 cm, il est généralement pertinent de prescrire une surélévation correspondant à 60 cm. La revanche peut être plus importante dans les secteurs où les vitesses d'écoulement sont élevées et peuvent favoriser une augmentation des hauteurs d'eau au niveau des obstacles.

Afin de rendre ces règles applicables, les pièces opposables du PPRi doivent définir ces « cotes de référence ». Cela peut être réalisé directement sur le zonage réglementaire, ou dans le cas où l’affichage de cette donnée viendrait à trop alourdir la carte, sur une planche spécifique, qui constitue alors elle aussi une pièce du zonage réglementaire (voir exemples ci-dessous).

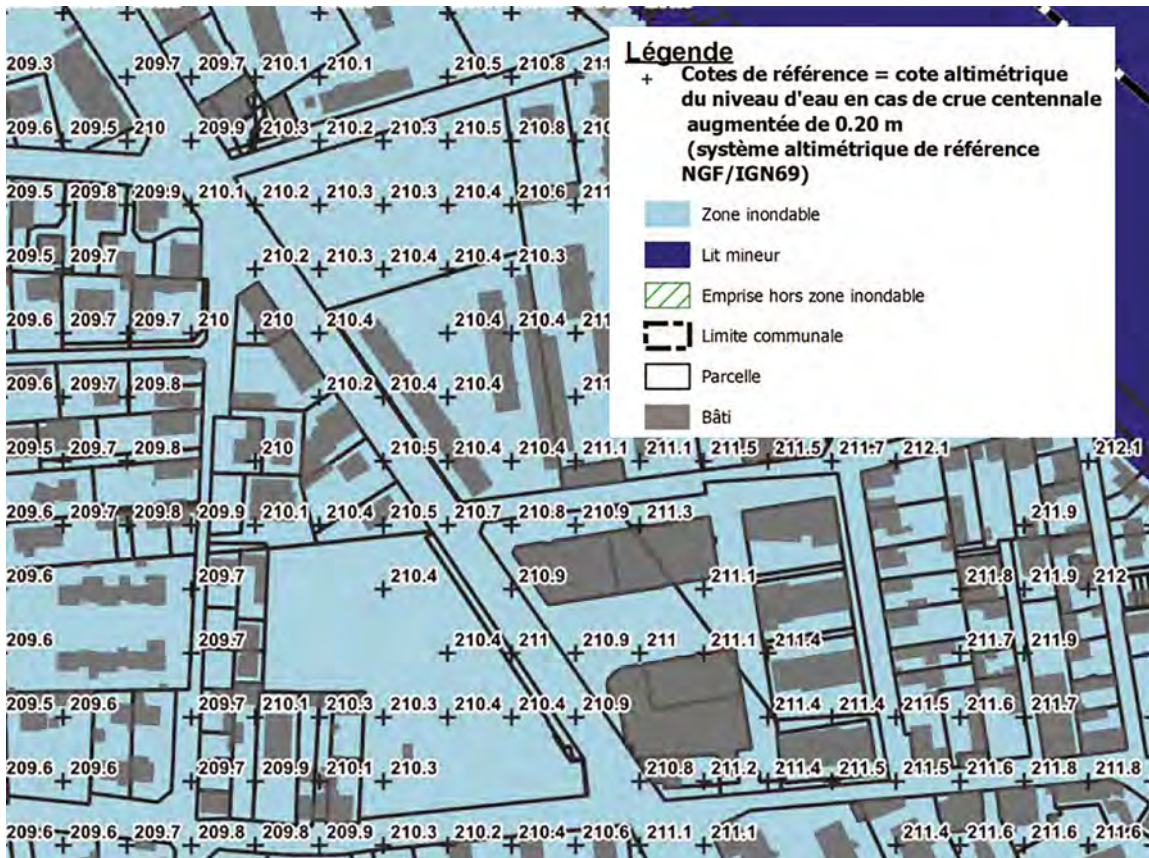


Illustration 36 : extrait du zonage réglementaire du PPRi du Drac (38) sur la commune de Fontaine : la cote de référence est représentée ponctuellement selon un carroyage à maille constante.

Une marge de 20 cm est ici ajoutée aux résultats de simulation.

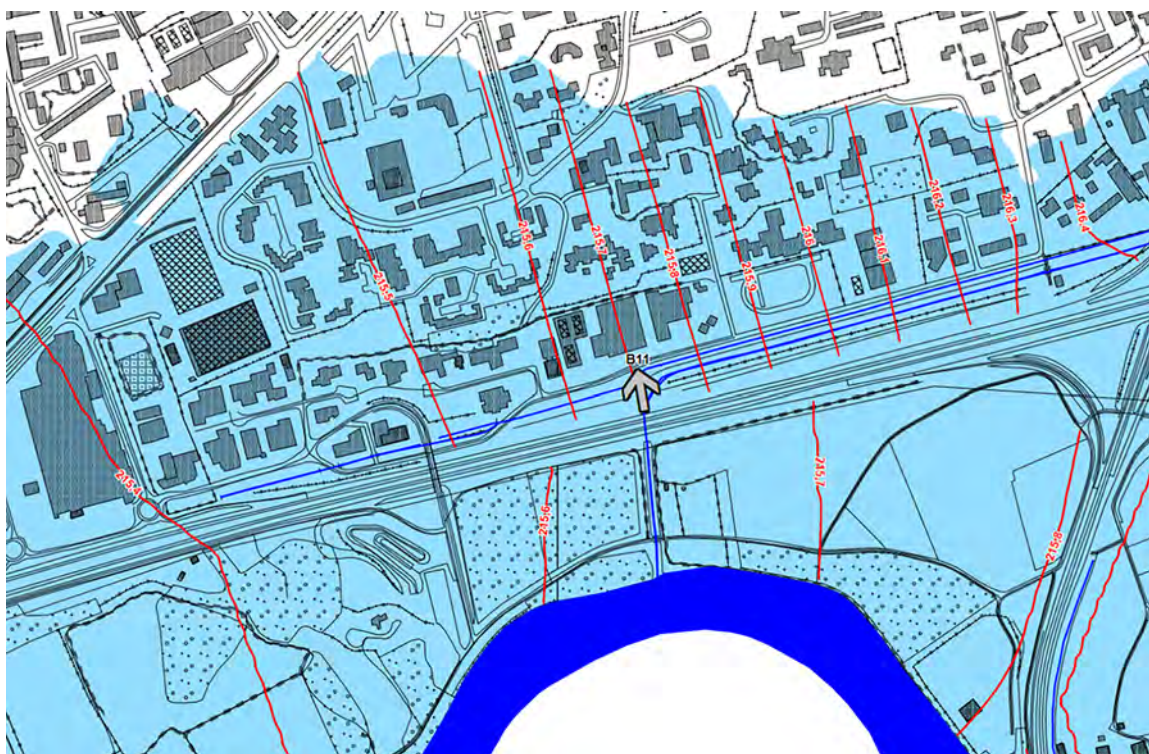


Illustration 37 : extrait de la carte des cotes C - PPRi Isère Amont (38).

Lecture de la cote de référence

Les cotes de références sont généralement représentées :

- de façon ponctuelle, suivant un carroyage dont la maille dépend du modèle hydraulique utilisé (illustration 35 par exemple) ;
- et/ou de façon linéaire, à travers des iso-cotes reliant les points ayant la même cote de référence (illustration 36 par exemple).

Le règlement peut préciser la marche à suivre pour déterminer la cote de référence en tout point donné à partir des côtes identifiées (valeur la plus proche, interpolation linéaire entre les deux valeurs les plus proches, etc.).

5.2. Le règlement

Le règlement du PPRi définit des interdictions et, pour les projets non interdits, les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités, conformément aux principes édictés par l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement pour chaque type de zone.

La notion de projet intègre dans le présent guide tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle visé à l'article L. 562-1-II-1° du code de l'environnement. Elle inclut les projets nouveaux (constructions nouvelles) et les projets sur l'existant (changements de destination, extensions, reconstructions partielles, etc.), qu'ils soient soumis ou non à déclaration préalable ou à l'obtention d'un permis de construire au titre du code de l'urbanisme.

Les dispositions réglementaires du PPRi déclinent les dispositions du code de l'environnement en cohérence avec le contexte territorial.

Si certaines interdictions ou prescriptions n'ont pas été intégrées au règlement du PPRi, et que, en conséquence, certains projets portant atteinte à la sécurité publique peuvent être rendus possibles, le maire peut, en complément des dispositions du PPRi, recourir à l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme pour refuser le projet ou imposer des prescriptions. Ce choix doit cependant être justifié, par exemple en montrant que le projet constituerait une menace grave pour la vie de ses occupants.

5.2.1. Les principes généraux

5.2.1.1. La structure du règlement

Le règlement précise les dispositions (interdictions, prescriptions et recommandations) associées à chaque zone définie dans le plan de zonage réglementaire¹⁹⁸. Une structure respectant l'ordre des mesures définies par l'article L. 562-1 du code de l'environnement et l'organisation de l'article R. 562-3 du code de l'environnement est recommandée pour le plan du règlement. Celui-ci peut ainsi se décliner selon les quatre parties suivantes :

Titre 1. la portée du PPRi et dispositions générales ;

Titre 2. la **réglementation des projets** : mesures s'appliquant aux projets (incluant des projets sur l'existant) ;

Titre 3. les **mesures de prévention, de protection et de sauvegarde** : mesures d'ensemble non liées à un projet particulier mais dont l'objet est d'assurer la sécurité des personnes et de faciliter l'organisation des secours ;

Titre 4. les **mesures sur l'existant** : mesures imposées ou préconisées sur les biens et activités existants au moment de l'approbation du PPRi, et réalisées par les particuliers, les exploitants ou les utilisateurs¹⁹⁹.

Le guide PPRn général développe ces aspects.

¹⁹⁸. Il est rappelé que le règlement d'un PPR ne dispense pas de l'obligation de respecter les dispositions législatives et réglementaires édictées par ailleurs : code de l'environnement, code de l'urbanisme, code de la construction et de l'habitation, code forestier, loi sur l'Eau, réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), zonages d'assainissement communaux, réglementation relative aux ERP, normes d'accessibilité en faveur des PMR, réglementation pour l'accès des pompiers, évaluation environnementale des projets, etc.

5.2.1.2. La forme

Les dispositions réglementaires sont rédigées au présent, de manière simple, précise, compréhensible et vérifiable afin :

- d'être comprises par les destinataires du PPRi. Il doit être possible de déterminer clairement pour chaque projet, s'il est interdit ou rendu possible, et les prescriptions associées dans le second cas ;
- d'être facilement applicables, et autant que possible, contrôlables²⁰⁰, au niveau de l'instruction du permis, au niveau du récolement dans le cadre de la délivrance du certificat de conformité des opérations soumises à un permis de construire, et dans le cadre du contrôle de légalité.

5.2.2. La réglementation des projets

5.2.2.1. Les constructions pouvant être interdites

Dans toute zone du périmètre réglementé par le PPRi, à l'intérieur ou en dehors des zones d'aléa de référence, le règlement du PPRi peut interdire certains projets particulièrement incompatibles avec un risque d'inondation (article R. 562-11-6-IV du code de l'environnement)²⁰¹ :

- les constructions nouvelles dont les caractéristiques ou l'usage rendent l'évacuation complexe ;
- les constructions nécessaires à la gestion de crise ;
- les constructions pouvant générer des pollutions en cas d'inondation.

Il est recommandé de localiser les zones potentiellement submersibles où éviter l'implantation de ce type de constructions sensibles, ou au minimum de définir des prescriptions. La connaissance de l'emprise inondable par un événement exceptionnel, d'occurrence plus rare que celle de l'événement de référence du PPRi, ainsi que l'identification des secteurs atypiques où l'aléa ne peut être qualifié correctement avec le simple croisement hauteur/dynamique, peuvent utilement guider cette réflexion.

5.2.2.1.1. Les constructions dont les caractéristiques ou l'usage rendent l'évacuation complexe

Les constructions nouvelles dont les caractéristiques ou l'usage rendent l'évacuation complexe correspondent principalement aux établissements pouvant accueillir des personnes vulnérables (hôpitaux, maisons de retraites, structures d'accueil pour personnes handicapées, crèches, écoles, etc.) ou pouvant recevoir des détenus (centres pénitentiaires, tribunaux de grande instance). Les ERP de types J, O, U et R²⁰² permettent de couvrir globalement ce type d'établissements. Les mentionner explicitement dans le règlement nécessite toutefois d'être vigilant²⁰³. L'analyse de ces différentes catégories mérite donc une attention particulière. Alternativement, les interdictions du règlement peuvent explicitement viser les « établissements accueillant des personnes vulnérables » sous réserve que le lexique définisse cette notion, par exemple sur la base d'une liste d'usages.

Dans cette catégorie de construction figurent également les établissements susceptibles d'accueillir un nombre important de personnes. Une attention particulière est ainsi notamment apportée aux projets d'ERP du 1^{er} groupe (1^{re}, 2^e, 3^e et 4^e catégorie).

Si l'on se réfère à l'article R. 123-4 du code de la construction et de l'habitation, les constructions dont les modalités d'accès ne permettent pas aux services de secours d'intervenir dans des conditions de sécurité satisfaisantes (voies d'accès inondables, absence d'ouverture en façade ou de tout autre espace accessible depuis la voie publique) peuvent également entrer dans cette catégorie de construction.

199. Les mesures rendues obligatoires par le PPRn peuvent être co-financées par le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM).

200. Notamment au regard des pièces exigibles dans le cadre de ces instructions.

201. Cette disposition peut s'appliquer même dans le cas d'une opération de renouvellement urbain avec réduction de la vulnérabilité.

202. Une classification des ERP à laquelle il est recommandé de se référer est celle de l'article GN 1 du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP.

203. À titre d'exemple, les ERP de type R, qui regroupent les « établissements de formation » au sens large, peuvent concerner un organisme de formation pour adulte, qui n'est pas nécessairement un usage à systématiquement interdire en zone inondable.

5.2.2.1.2. Les constructions nécessaires à la gestion de crise

Les constructions nécessaires à la gestion de crise sont celles occupées par les personnels des services de l'État, collectivités et autre personne publique ou privée concourant à la protection générale de la population ou au maintien de la continuité de la vie nationale, tels que définis à l'article L. 721-2 du code de la sécurité intérieure.

Au sens du code de la sécurité intérieure, entrent dans cette catégorie de bâtiments :

- les préfetures et sous-préfetures ;
- les casernes de pompiers et autres services de secours (SAMU, hôpitaux) ;
- les locaux des services de l'État chargés de la sécurité intérieure de manière permanente : armée, gendarmerie et police nationales ;
- les locaux des collectivités territoriales : mairies, hôtels de ville, police municipale, réserves communales de sauvegarde, services techniques (centres techniques, centres de gestion des déchets) ;
- les bâtiments accueillant des services de l'État participant à l'organisation « sécurité défense » (DDT(M), D(R)EAL) ;
- les locaux des établissements et organismes publics ou privés appelés à exercer des missions se rapportant à la protection des populations (gestionnaires de réseaux et d'infrastructures, associations agréées de sécurité civile).

Par extension, peuvent également être considérés comme constructions utiles à la gestion de crise les bâtiments dont les caractéristiques permettent d'accueillir les personnes sinistrées, c'est-à-dire les établissements d'hébergement d'urgence (gymnases, salles des fêtes, salles polyvalentes, etc.) dès lors qu'ils sont identifiés en tant que tels par un P(I)CS par exemple.

5.2.2.1.3. Les constructions pouvant engendrer des pollutions en cas d'inondation

Plusieurs types de constructions peuvent engendrer des pollutions en cas d'inondation, et induire des risques pour la santé et pour l'environnement. Au sens du code de l'environnement, peuvent être définies comme sources potentielles de pollution l'ensemble des installations, ouvrages, travaux et activités nécessitant une autorisation environnementale.

Ces opérations sont classées selon deux nomenclatures :

- certaines **installations, ouvrages, travaux, et activités (IOTA) susceptibles d'avoir des incidences sur l'eau et les milieux aquatiques** (article L. 214-3 du code de l'environnement). Entrent en particulier dans cette catégorie les constructions pouvant générer des risques de pollution, telles que les activités liées à la gestion de déchets (déchetteries, centres de stockage et/ou de recyclage) ou les stockages de produits dangereux (liste mentionnée en annexe III de l'arrêté du 20 avril 1994 relatif à la déclaration, à la classification, l'emballage et étiquetage des substances) ;
- les **installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)** (article L. 512-1 du code de l'environnement).

Dans la mesure où ces catégories de projets font déjà l'objet d'instructions spécifiques prenant en considération les contraintes environnementales locales, et donc le risque d'inondation, il est vivement recommandé d'élaborer les règlements de PPRi en concertation avec les autorités environnementales compétentes.

Il est suggéré que cette concertation aboutisse non pas à une interdiction d'implanter des ICPE dans la zone inondable (sous réserve que cela reste cohérent avec les principes rappelés en partie 5.1.1), mais plutôt à une rédaction du règlement permettant aux instructeurs des demandes d'autorisation ICPE de s'assurer que les projets prennent correctement en compte le risque d'inondation²⁰⁴. Il doit en effet être démontré dans le cadre de l'instruction d'autorisation ICPE que le projet n'est pas de nature à aggraver les risques, et que les potentiels impacts d'une crue sur l'installation n'ont pas de conséquences sur l'environnement (une analyse de vulnérabilité détaillée est ainsi à mener). Ainsi, **c'est dans le cadre de l'instruction ICPE, et après analyse détaillée du projet, que celui-ci est refusé s'il est constaté que le risque d'inondation n'est pas suffisamment pris en compte.**

²⁰⁴. Le référentiel méthodologique concernant la maîtrise du risque inondation dans les installations classées (INERIS, 2014) propose une méthode d'évaluation du risque d'accident majeur inondation et des préconisations.

Deux autorités environnementales sont en principe identifiées pour l'instruction des dossiers d'autorisation :

- les services chargés de la police de l'eau et de la nature en DDT(M), pour l'instruction des IOTA ;
- les services des D(R)EAL chargés de l'inspection des ICPE.

L'Agence régionale de santé (ARS) peut également être associée pour tout ce qui concerne les risques sur la santé (pollution des captages en eau).

5.2.2.2. Les projets pouvant être rendus possibles

Le PPRi ne doit pas empêcher une gestion raisonnable des zones où le principe général est l'interdiction et doit laisser, dans une certaine mesure, la possibilité pour ces zones d'évoluer, en cohérence avec les niveaux d'aléa et avec les principes de prévention.

Les projets pouvant être rendus possibles sont de trois types :

- dans les secteurs le permettant (en fonction du niveau d'urbanisation et du niveau d'aléa, voir tableau 12 en partie 5.1.3.), **les projets essentiels pour le bassin de vie et sans solution d'implantation alternative faisant l'objet d'une demande d'exception** adressée au préfet, conformément aux dispositions de l'article R. 562-11-7 du code de l'environnement. [La partie 5.1.2](#) donne des indications sur ce type de projet ;
- dans les secteurs le permettant (en fonction du niveau d'urbanisation et du niveau d'aléa, voir tableau 12 en partie 5.1.3.), **les projets directement rendus possibles dans le règlement, conformément aux dispositions de l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement**. Il peut s'agir de constructions réalisées dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération, voire de constructions nouvelles dans les dents creuses²⁰⁵. [La partie 5.2.2.2.1](#) développe ce point ;
- pour tout niveau d'urbanisation et d'aléa, **les constructions qui, compte tenu de leurs caractéristiques, peuvent ne pas être interdites** (article R. 562-11-8 du code de l'environnement). [La partie 5.2.2.2.2](#) développe ce point.

[5.2.2.2.1. Les constructions réalisées dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération](#)

[Le principe](#)

Comme indiqué [en partie 5.1.1](#), en zones urbanisées en aléa fort et très fort, les constructions nouvelles²⁰⁶ dans le cadre d'opération de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération, sont soumises à prescriptions par application de l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement.

L'objectif est de favoriser une approche d'ensemble, permettant d'appréhender la prévention des risques d'inondation à travers des projets de territoire sur des périmètres pertinents. En n'interdisant pas le renouvellement urbain vertueux, cette disposition permet de ne pas figer l'existant dans un état de vulnérabilité et d'améliorer *in fine* la résilience des villes à l'inondation.

Dans ce cas de figure, contrairement au cas des projets faisant l'objet d'une demande d'exception par les collectivités, le PPRi n'intègre pas de projets précisément définis en parallèle de la procédure d'élaboration. Il n'identifie pas non plus de secteurs spécifiques dédiés à ce type de projet²⁰⁷. Il s'agit de transcrire cette disposition dans le règlement de PPRi pour les zonages le permettant, en définissant la nature de ces projets et les prescriptions associées. Après l'approbation du PPRi, de tels projets peuvent alors être réalisés dans le cadre des instructions « classiques » d'autorisation d'urbanisme, dès lors que le règlement du PPRi est respecté²⁰⁸.

²⁰⁵. Pour les centres urbains en aléa fort.

²⁰⁶. Le décret n'encadre pas les extensions bâties.

²⁰⁷. Par défaut, ce type de projet est éligible sur l'ensemble des zones urbanisées.

²⁰⁸. Et, bien sûr, sous réserve du respect de l'ensemble des aspects relatifs à l'instruction de la demande.

La réflexion à mener dans le cadre de la mise en œuvre de cette disposition est double :

- il s'agit de vérifier que le projet y est éligible, et notamment qu'il permet de réduire la vulnérabilité par rapport à la situation pré-existante ;
- il s'agit également d'identifier les prescriptions permettant, au-delà de la réduction de la vulnérabilité, de répondre aux objectifs de la prévention des risques, notamment en termes de garanties de sécurité pour les personnes et les biens.

L'éligibilité du projet à cette disposition

Le règlement de PPRi doit fixer les principes permettant de vérifier si la nature du projet le rend éligible à cette disposition, c'est-à-dire si le projet porte effectivement sur « *des constructions nouvelles dans le cadre d'opération de renouvellement urbain ayant pour effet de réduire la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération* ».

Les opérations de renouvellement urbain

Les **opérations de renouvellement urbain** sont des opérations destinées à requalifier et renouveler, notamment²⁰⁹ **via des démolitions/reconstructions**, une zone déjà urbanisée, dans le but de « refaire la ville sur la ville ». Cela peut couvrir tout type de zone urbanisée : des bâtiments à usage d'habitation, des bâtiments commerciaux, des bâtiments industriels (zones industrielles), des activités économiques, etc.

Ces opérations peuvent être de taille variable : au niveau d'un quartier, d'un groupe de parcelles, voire dans certains cas particuliers, d'une seule parcelle. Elles intègrent donc un large panel de projets, allant de la simple opération immobilière à l'opération d'aménagement complexe impliquant de multiples maîtres d'ouvrages urbains et immobiliers. La finalité de cette disposition est toutefois, autant que possible, d'appréhender la réduction de vulnérabilité d'un quartier ou d'un îlot dans son ensemble, plutôt que dans le cadre de projets ponctuels, à la parcelle ou au bâtiment.

Le projet peut par ailleurs porter sur plusieurs unités foncières discontinues, par exemple afin de permettre le déplacement d'enjeux dans des secteurs très exposés vers des zones de niveau d'aléa moindre.

L'évaluation de la réduction de la vulnérabilité

La vulnérabilité peut être définie comme la propension pour des personnes, des biens et des activités à être affectés en cas d'atteinte par une inondation. La réduction de vulnérabilité face au risque d'inondation consiste à réduire les conséquences négatives de l'inondation en agissant sur les enjeux.

Le règlement du PPRi doit donner les critères permettant de vérifier de manière objective si l'opération de renouvellement urbain a bien pour effet de **réduire la vulnérabilité sur son périmètre**. Une rédaction claire du règlement permet de préciser les attentes vis-à-vis du porteur de projet sur ce point, et aide les services instructeurs à apprécier les éléments du dossier. Lors de la rédaction du règlement, il est recommandé :

- d'exprimer clairement l'obligation de résultat relative à la diminution de la vulnérabilité sur le périmètre de l'opération par rapport à la situation pré-existante²¹⁰ ;
- de préciser et hiérarchiser dans le règlement les indicateurs et critères d'évaluation de l'évolution de la vulnérabilité qu'il est indispensable de vérifier et qui seront contrôlés lors de l'instruction de l'autorisation d'urbanisme (voir ci-après) ;
- de s'assurer de la faisabilité des résultats attendus, en concertation avec les collectivités et acteurs de l'aménagement.

Une méthode pour évaluer l'évolution de la vulnérabilité peut consister à définir des critères d'évaluation objectifs, si possible quantifiables, (voir pistes développées ci-après), et à analyser sur le périmètre de l'opération, si chacun de ces indicateurs :

- s'améliore (par exemple : diminution du nombre de logements) : indicateur au vert ;
- n'évolue pas (par exemple : reconstruction à surface de plancher égale) : indicateur au orange ;
- se dégrade dans des proportions « acceptables », et s'accompagne éventuellement de mesures compensatoires (par exemple : augmentation du nombre de locaux d'activité, mais diminution des lieux de stockage en dessous de l'aléa de référence) : indicateur à rouge ;

209. Une opération de renouvellement urbain peut également inclure des changements de destination, des surélévations, etc.

210. Le code de l'environnement est clair sur le fait que l'objectif de réduction de vulnérabilité doit être appréhendé sur le périmètre de l'opération, et non pas au niveau de chaque action / chaque construction qui la compose, dont certaines peuvent s'avérer localement plus vulnérables.

- se dégrade de manière à justifier l'interdiction du projet (par exemple : augmentation de lieux de sommeil en dessous de l'aléa de référence) : indicateur au noir.

L'évolution de la vulnérabilité du périmètre s'évalue au regard de l'ensemble des critères. Si les indicateurs sont tous « vert », ou « vert » et « orange », alors le projet réduit la vulnérabilité et peut rentrer dans le cadre de cette disposition. Si l'évaluation présente plusieurs indicateurs « rouge », il convient d'évaluer dans quelle mesure cela est contrebalancé par des indicateurs « vert ». Si l'évaluation fait ressortir un ou plusieurs indicateurs « noir », alors le projet n'est pas acceptable. De manière générale, la méthodologie ne peut pas retenir une approche quantitative de « un pour un » en termes d'indicateurs orange/vert. Tous les critères d'appréciation ne se valent pas, une priorisation aide à l'appréciation de l'atteinte de cet équilibre.

Les indicateurs et critères permettant d'évaluer la réduction de la vulnérabilité²¹¹ sont identifiés de manière à pouvoir évaluer les objectifs suivants :

- augmenter la sécurité des populations exposées ([axe 1 de l'annexe 7.4](#)) ;
- réduire le coût des dommages en cas d'évènement ([axe 2 de l'annexe 7.4](#)) ;
- raccourcir le délai de retour à la normale ([axe 3 de l'annexe 7.4](#)) ;
- améliorer la gestion de crise ([axe 4 de l'annexe 7.4](#)) :
 - permettre l'autonomie des habitants durant les inondations ;
 - permettre des conditions d'accès et d'évacuation des populations faciles et adaptées ;
 - garantir, dans la mesure du possible, la disponibilité des réseaux (transport, électricité, gaz, téléphone, etc.), par exemple en les mettant hors d'eau ;
 - garantir le bon fonctionnement des services de secours (pompiers, police, etc.) en ne les installant pas dans des zones à risque ;
 - réduire l'implantation d'établissements sensibles (maisons de retraites, etc.) en zone inondable, pour éviter des évacuations complexes ;
- réduire les conséquences pour l'environnement ([axe 5 de l'annexe 7.4](#)) :
 - éviter l'implantation d'installations pouvant engendrer des pollutions importantes ou des risques pour la santé en cas d'inondation ;
 - améliorer la culture du risque, afin de maintenir la résilience du quartier dans la durée ([axe 6 de l'annexe 7.4](#)).

La vérification de ces objectifs peut être évaluée au regard de différents indicateurs : emprise au sol, localisation par rapport aux axes d'écoulement et/ou aux aléas fort et très fort, nombre de logements en zone inondable (de façon générale et directement exposés sous la cote de l'aléa de référence), proportion ou nombre d'équipements sensibles (chauffe-eau, tableaux électriques, etc.) sous la cote de l'aléa de référence, nombre de bâtiments vulnérables, sensibles ou polluants, existence de dispositifs adaptés à l'alerte, l'évacuation et à la gestion de crise, existence de dispositifs de protection des réseaux, etc.

Plusieurs ressources documentaires permettent d'aller plus loin :

- [le tableau en annexe 7.4](#) propose une méthodologie d'évaluation sur la base de travaux menés par le Cerema ;
- le document « *Opérations de renouvellement urbain avec réduction de vulnérabilité en zone inondable* » (Cerema, 2023) développe des indicateurs et critères d'évaluation pour chaque axe d'évaluation ;
- le référentiel national de vulnérabilité aux inondations (Cerema, 2016) identifie de nombreuses sources de vulnérabilités et indicateurs qui permettent de définir la vulnérabilité d'un territoire. Le document 3 de son fascicule 2 propose des bases de données et des exemples de méthodes de calcul de différents indicateurs de vulnérabilité qui peuvent être exploités dans ce cadre.

Les indicateurs qui y sont proposés sont à adapter, compléter et prioriser localement en fonction du type d'aléa et du contexte du territoire. Par exemple, la possibilité d'évacuation rapide des personnes hors de la zone inondable est un critère plus important pour un territoire soumis à des crues rapides que pour un territoire soumis à des crues lentes. À l'inverse, les critères sur le retour à la normale ou de fonctionnement en mode dégradé peuvent être prédominants en cas de crues lentes²¹².

²¹¹. Cette liste peut également être utile pour identifier des prescriptions adaptées aux différents objectifs.

²¹². L'expertise des SDIS notamment peut être utile pour mener cette réflexion lors de l'élaboration du règlement du PPRi.

L'étude et la démonstration de la réduction de la vulnérabilité au regard de la méthodologie retenue dans le règlement du PPRi est à mener par le porteur de projet. Il est recommandé que le règlement de PPRi exige au minimum, parmi les pièces à fournir pour l'instruction du permis de construire, une attestation certifiant la réalisation de cette étude et constatant que le projet prend en compte ces conditions au stade de la conception²¹³.

Les possibilités de densification

Le renouvellement urbain avec réduction de la vulnérabilité peut, dans certains cas, être compatible avec une densification et une augmentation de la population. Toutefois, cette densification :

- doit rester dans des proportions limitées ;
- ne peut se faire que pour des aménagements au-dessus de la cote de référence ;
- est réservée à des opérations de renouvellement à une échelle permettant une optimisation de l'opération en matière de réduction globale de la vulnérabilité (quartier ou groupe de parcelles) ;
- doit être justifiée, par exemple au regard de la faisabilité économique de certains projets ;
- est compensée par un ensemble de dispositions permettant de conclure à une réduction globale de la vulnérabilité.

Les prescriptions

Au-delà des aspects liés à la vérification de la réduction de la vulnérabilité par rapport à une situation pré-existante, le règlement de PPRi identifie également des prescriptions à respecter afin que le projet réponde aux objectifs de la prévention des risques, notamment en termes de garantie de sécurité pour les personnes et les biens.

Les prescriptions pertinentes peuvent varier en fonction de la taille du projet. Il est recommandé que le règlement du PPRi distingue clairement les dispositions adaptées aux différents périmètres.

Dans le cas d'un projet sur une parcelle ou un groupe de parcelle, les possibilités d'adaptation du projet au risque d'inondation sont relativement limitées : actions ponctuelles définies sans vue d'ensemble, ressources mobilisables (ingénierie, financements, gestion d'alerte et de crise, etc.) restreintes, etc. Dans ces cas, le règlement s'attache surtout à fixer des règles constructives.

A contrario, **l'échelle d'un quartier ou d'un îlot** offre la possibilité d'une approche globale des différentes composantes du projet, et permet d'optimiser la résilience du projet, par exemple en localisant les bâtiments dans les zones les moins exposées, en permettant une gestion d'ensemble des écoulements ou en adaptant les déplacements et notamment les cheminements d'évacuation.

Une telle approche appelle cependant à la vigilance quant à la capacité des pétitionnaires à apprécier et suivre l'adaptation du projet au risque d'inondation sur l'ensemble du périmètre, durant toute la durée de réalisation du projet. Ainsi, le règlement de PPRi peut imposer que ces projets soient encadrés réglementairement (OAP et secteur à plan masse²¹⁴) ou par une procédure opérationnelle (ZAC, permis d'aménager, opérations de rénovation urbaine, opérations de mises en valeur des secteurs sauvegardés, permis de construire valant division, remembrements et regroupements de parcelles par des associations foncières urbaines (AFU), etc.). Ces procédures ont en commun d'être le plus souvent d'initiative publique.

Le règlement peut également prévoir, pour ce type de projet particulier, des modalités permettant d'appliquer des mesures correctrices (jalons intermédiaires, conditions du dialogue entre les pétitionnaires, les collectivités et les services de l'État, etc.), en particulier pour les opérations complexes sur le temps long.

La partie 5.2.2.5. développe les aspects liés aux prescriptions de projet en zone inondable.

5.2.2.2.2. Les constructions qui, compte tenu de leurs caractéristiques, peuvent ne pas être interdites quelle que soit la zone

Au-delà du cadre des opérations de renouvellement urbain, le règlement du PPRi précise, le cas échéant, les types de construction qui, compte tenu de leurs caractéristiques, peuvent ne pas être interdits et les soumet à prescriptions. Dans tous les cas, ces constructions n'ont pas pour vocation d'accueillir des personnes vulnérables et ne sont pas des lieux de sommeil (article R. 562-11-8 du code de l'environnement).

²¹³. Voir article R. 431-6 f) du code de l'urbanisme.

²¹⁴. Voir article R.151-40 du code de l'urbanisme.

Il est vivement recommandé de limiter ces cas particuliers :

- aux activités nécessitant la proximité d'un cours d'eau ;
- aux constructions, sans occupation humaine permanente et strictement nécessaires au maintien d'activités qui contribuent à la bonne gestion du territoire, comme par exemple les activités agricoles ou forestières ;
- aux équipements peu vulnérables, comme les terrains de sport et les espaces récréatifs ;
- aux projets de nature à améliorer la sécurité des personnes, à réduire la vulnérabilité des biens ou à réduire les aléas ;
- à certaines infrastructures publiques de transports routier et ferroviaire, et aux réseaux de distribution d'eau, de gaz et d'électricité ;
- aux installations de production d'énergie renouvelables ([voir partie 5.2.2.3](#)) ;
- aux infrastructures, équipements et installations nécessaires au fonctionnement des services publics.

Ces types de projets font l'objet de prescriptions ou de recommandations. [La partie 5.2.2.5](#) donne des éléments d'éclairage sur les prescriptions associées.

Ces possibilités ne sont à ouvrir qu'après concertation avec les élus, acteurs locaux, responsables économiques ou associatifs, etc.

[Les activités nécessitant la proximité du cours d'eau](#)

Certains équipements nécessaires à la pêche, aux activités nautiques, aux services portuaires, aux équipements et ouvrages liés au fonctionnement de la navigation intérieure (écluses, portes de garde, etc.), ou encore les usines hydroélectriques, ne peuvent être implantés qu'à proximité immédiate de l'eau.

Ces espaces sont souvent soumis à des aléas forts ou très forts. Le règlement peut autoriser ce type de constructions sous conditions, y compris en aléa très fort, en prenant en compte les spécificités de la zone (inondation rapide réduisant les possibilités d'alerte, risque de rupture ou d'embâcles, etc.). Dans tous les cas, la sécurité des personnes et des biens doit être garantie, ce qui conduit à interdire les projets vulnérables et à définir des prescriptions adaptées.

[Les bâtiments d'exploitation agricole](#)

Les espaces agricoles sont susceptibles de constituer des zones d'expansion des crues à préserver. Le PPRI peut admettre la construction de bâtiments et équipements nécessaires à l'activité agricole dans les zones non urbanisées, sous réserve qu'il soit démontré qu'il n'existe pas d'emplacement alternatif hors d'eau.

Cette exception à l'interdiction en zones inondables non urbanisées ne peut être rendue possible que pour les bâtiments techniques dont la stricte nécessité au fonctionnement de l'exploitation agricole est démontrée. La création de logements, même à l'intérieur du bâtiment d'exploitation, ou d'équipement vulnérables est proscrite.

Les bâtiments destinés à l'élevage sont également à éviter autant que possible en zone inondable dans la mesure où l'évacuation du cheptel est complexe. Les serres sont généralement interdites. Leur autorisation peut être envisagée pour des cours d'eau lents, en prenant toutes les précautions permettant d'en réduire la vulnérabilité et en limitant leur emprise au regard de l'emprise de la zone inondable, dans une logique de préservation de la zone d'expansion des crues.

Dans la mesure du possible, les nouveaux bâtiments nécessaires aux activités agricoles sont à envisager en dehors des zones d'aléa fort et très fort. À l'intérieur de ces zones, le règlement peut, le cas échéant, limiter la faisabilité de ce type de projet aux seules opérations de démolition-reconstruction permettant la mise hors d'eau des stocks et matériels sensibles, ainsi qu'aux projets d'extension limitée de bâtiments existants.

Quel que soit le niveau de l'aléa de référence, les conditions de réalisation des projets concernant ce type de bâtiment peuvent être complétées par les mesures suivantes :

- rehaussement du plancher utile au-dessus de la cote de référence ;

- mise en œuvre, pour les projets d'extension, de mesures de réduction de vulnérabilité de l'ensemble de l'exploitation (limitation de la surface des extensions, mise hors d'eau des stocks, matériels sensibles et produits polluants, réorganisation de l'activité). Les mesures peuvent, le cas échéant, s'appuyer sur l'obligation de réaliser un diagnostic préalable de la vulnérabilité de l'exploitation.

La surélévation des bâtiments agricoles est parfois complexe. Dans ce cas, d'autres mesures peuvent être préconisées dans le PPRi, afin de réduire le coût des dommages et faciliter le retour rapide à la normale :

- mise en place de batardeaux ;
- sécurisation du système électrique ;
- établissement d'un plan d'urgence et de remise en route de l'exploitation.

La surélévation des bâtiments agricoles est parfois complexe. Dans ce cas, d'autres mesures peuvent être préconisées dans le PPRi, afin de réduire le coût des dommages et faciliter le retour rapide à la normale :

- mise en place de batardeaux ;
- sécurisation du système électrique ;
- établissement d'un plan d'urgence et de remise en route de l'exploitation.

5.2.2.3. Les projets particuliers

5.2.2.3.1. Les campings et l'hôtellerie de plein air

Les campings et l'hôtellerie de plein air sont des enjeux particuliers du territoire qu'il convient d'identifier ([voir partie 4.2.2](#)). **Ces établissements sont en effet très vulnérables et la sécurité des personnes et des biens peut y être menacée, même pour des niveaux faibles d'aléa d'inondation**, du fait :

- de la présence de lieux de sommeil dans des structures peu résistantes aux inondations (tentes, mobile-homes, bungalows, tiny-houses, etc.) ;
- de la fréquentation par des populations touristiques qui ont souvent une connaissance limitée de l'environnement local et des risques d'inondation associés ;
- des difficultés d'évacuation de ces établissements ;
- des risques d'emportement de caravanes ou des mobil-homes, pouvant être à la source de très importants problèmes d'embâcles et de phénomènes locaux de sur-inondation ;
- et de la localisation dans des secteurs parfois difficilement accessibles.

L'augmentation du niveau des services proposés dans la plupart des campings, et la tendance actuelle de l'occupation à l'année sont autant de facteurs qui justifient de la nécessité de renforcer les mesures de prévention.

Il est recommandé d'interdire les projets de nouveaux campings en zone inondable, quel que soit le niveau d'aléa.

Pour les projets sur des campings existants, il est recommandé de n'envisager que ceux diminuant le risque global. Le PPRi peut par exemple :

- autoriser le déplacement de bâtiments, équipements ou emplacements existants dans des espaces où le niveau d'aléa serait plus faible, sans augmentation de la population exposée, et sous conditions (par exemple : garanties de l'ancrage et de la résistance des équipements, sur-élévation au-dessus des cotes de référence, fermeture du camping à certaines saisons, sensibilisation au risque d'inondation, modalités d'alerte et d'évacuation adaptées, gestion des écoulements de manière à limiter l'intensité de l'aléa sur les enjeux, absence démontrée d'emplacements alternatifs dans des secteurs moins exposés, etc.) ;
- interdire l'aménagement de nouveaux emplacements.

Le PPRi peut définir et rendre obligatoires des mesures de réduction de la vulnérabilité sur les constructions ou les ouvrages existants qui doivent être pris par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs, en application de l'article L. 562-1-II-4° du code de l'environnement. Les PPRi peuvent ainsi réglementer les périodes d'ouverture et de fermeture des campings. Dans les zones les plus dangereuses, en particulier dans les bandes de précaution située en arrière d'un système de protection ou lorsque le niveau de l'aléa est fort ou très fort, le PPRi peut interdire la pratique du camping pendant tout ou partie de l'année selon le risque encouru²¹⁵.

La prescription des mesures d'information, d'alerte et d'évacuation applicables aux terrains de camping existants relève de la compétence du préfet, ou du maire lorsqu'il existe un plan local d'urbanisme. Ces mesures sont définies après consultation du propriétaire et de l'exploitant, suivant les avis consultatifs de la commission départementale de sécurité et d'accessibilité et de la commission départementale de l'action touristique (articles R. 125-15 à R. 125-22 du code de l'urbanisme)²¹⁶.

5.2.2.3.2. Les parkings souterrains

Au regard des situations dramatiques que peut engendrer ce genre d'équipement en zone inondable²¹⁷ notamment à la suite de comportements inadaptés d'habitants, et des coûts élevés des dommages en cas d'inondation, **il est très fortement recommandé que les PPRi interdisent les parkings souterrains en zone inondable.**



Illustration 38 : inondation d'un parking souterrain en Meurthe-et-Moselle (Grémillon, mai 2012). (Source : Cerema).

²¹⁵. CAA de Nantes, 26 novembre 2021, Association des propriétaires et résidents du Havre, n° 20NT00866.

²¹⁶. Voir également :

- l'instruction du Gouvernement du 6 octobre 2014 relative à l'application de la réglementation spécifique aux terrains de camping et de caravanage situés dans les zones de submersion rapide ;
- le guide « la sécurité des terrains de campings », publié en mars 2023 par la DGPR du ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, et par la fédération nationale de l'hôtellerie de plein air, qui donne des indications complémentaires sur la réglementation et les bonnes pratiques en matière de sécurité dans les campings.

²¹⁷. Huit personnes sont décédées dans des parkings souterrains lors des inondations du 3 au 4 octobre 2015 dans le département des Alpes-Maritimes.

Néanmoins, lorsque la pression foncière rend particulièrement complexe leur interdiction, l'aménagement de parking souterrain dans les zones inondables peut être rendu possible sur certains secteurs, au minimum si les conditions suivantes sont réunies :

- la pression foncière forte est démontrée ;
- la dynamique est lente (notamment du fait d'une faible vitesse de montée des eaux).

L'autorisation ne peut alors être accordée que sous réserve de prescriptions fortes, comme :

- le cuvelage ou l'étanchéité du parking, et la mise hors d'eau des équipements sensibles ou vulnérables (dispositif de recharge de véhicules électriques par exemple) ;
- l'aménagement de tous les accès au-dessus du niveau de la cote de référence pour limiter les entrées d'eau²¹⁸. Ces accès ne doivent pas être situés dans le prolongement d'un axe d'écoulement préférentiel ;
- la gestion anticipée en cas d'inondation et une signalétique spécifique avertissant du caractère inondable du sous-sol et donnant la marche à suivre en cas d'inondation. Le règlement du PPRi peut, le cas échéant, prévoir une mesure de sauvegarde imposant à la collectivité d'intégrer la gestion du parking dans le plan communal de sauvegarde.

5.2.2.3.3. Les installations photovoltaïques

Les PPRi peuvent réglementer les projets relatifs aux installations photovoltaïques en zone inondable.

L'article 47 de la loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables prévoit que les préfets peuvent définir en tant que de besoin, et si l'arrêté d'ouverture de l'enquête publique n'a pas été adopté à la date de promulgation de la loi (le 10 mars 2023), des exceptions aux interdictions ou prescriptions pour des installations de panneaux photovoltaïques sous réserve de la non aggravation des risques. Ce même article permet par ailleurs, en cas de PPRi opposable, de définir de telles exceptions et de les rendre immédiatement opposables dans l'attente d'une modification du PPRi.

La note du 1^{er} juin 2023 de la DGPR du ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, relative à **l'implantation d'installations photovoltaïques en zone inondable, sur une retenue d'eau ou en zone exposée à l'aléa incendie de forêt et de végétation**, et notamment son annexe 2, précise les conditions que toute installation de panneaux photovoltaïques en zone inondable doit respecter.

5.2.2.4. Les projets sur l'existant

Les PPRi réglementent les projets sur l'existant : travaux d'entretien, extensions de bâtiments existants, changements de destination, etc.

En fonction de leur nature, du niveau d'aléa sur le secteur, des conséquences sur la vulnérabilité des personnes et des biens, le PPRi peut les autoriser, éventuellement sous réserve du respect de prescriptions, ou les interdire.

Les principes réglementaires des PPRi pour les constructions existantes, définis par les doctrines préalables au décret du 5 juillet 2019 et notamment la circulaire du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables, continuent à s'appliquer.

5.2.2.4.1. Les travaux d'entretien et de gestion courants

Les travaux d'entretien, de gestion courante et de mise aux normes des bâtiments existants (notamment les aménagements internes, les traitements de façade, la réfection des toitures, etc.) n'ont pas vocation à être interdits par le PPRi, quel que soit le zonage.

Les dispositions relatives à ces travaux s'inspirent, dans la mesure du possible, des préconisations techniques issues du référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant (METL/MEDDE, 2012), en particulier celles mentionnées dans les fiches suivantes :

- fiche 2 : colmatage définitif des voies d'eau (fissures, réseaux), p.27 et 28,
- fiche 6 : réfection des cloisons de distribution et de doublage, p.36 et 37,
- fiche 8 : protection des équipements de génie climatique, p.40 et 41,

218. Le respect de cette prescription implique donc que le projet se situe dans un secteur où les hauteurs d'eau maximales restent modérées et permettent un aménagement des accès hors d'eau.

- fiche 9 : remplacement des revêtements de sol, p.42 et 43,
- fiche 10 : remplacement des menuiseries intérieures, p.44 et 45,
- fiche 11 : remplacement des menuiseries extérieures et mise en place des grilles de portes, p.46 et 47.

5.2.2.4.2. Les extensions

Dans les secteurs où les nouvelles constructions sont rendues possibles sous réserve de prescriptions, les extensions²¹⁹ de bâtiment ne sont pas interdites, sous réserve toutefois de prescriptions cohérentes avec celles des constructions nouvelles. Il convient notamment de s'assurer que la surface maximale des extensions admises dans la zone soit cohérente avec l'emprise et/ou la surface autorisées pour les constructions nouvelles potentiellement rendues possibles dans cette même zone.

Dans les secteurs d'interdiction, le règlement peut autoriser certaines extensions limitées, à condition qu'elles n'augmentent pas la vulnérabilité des biens et des personnes. Cela peut notamment concerner des travaux de mises aux normes, ou encore des modifications visant à réduire la vulnérabilité du bien.

Une extension pouvant être réalisée verticalement (sur-élévation) ou horizontalement (augmentation de l'emprise bâtie au sol), il est souvent utile de distinguer les deux cas dans le règlement. À titre d'exemple, dans un secteur soumis à un aléa fort où les extensions en emprise au sol seraient limitées au strict minimum, il peut être utile d'autoriser les sur-élévations, notamment pour permettre la création d'étages refuges pour les bâtiments existants ne disposant pas d'étage au-dessus de la cote de référence.

5.2.2.4.3. Les changements de destination

Il est fortement conseillé de préciser les interdictions et les limitations de changements de destination dans le règlement de PPRi.

Les différents types de destinations²²⁰ et sous-destinations des constructions sont précisés aux articles R. 151-27 et R. 151-28 du code de l'urbanisme.

Dans les zones d'interdiction, seuls sont généralement rendus possibles, sous conditions, les changements de destination susceptibles de diminuer le niveau de vulnérabilité et/ou les changements de destination conduisant à des situations très peu vulnérables. Dans les zones d'autorisation, la plupart des changements de destination peuvent être rendus possibles, sauf dans certains cas, ceux conduisant à des classes de vulnérabilité élevées.

Une hiérarchisation spécifique au PPRi peut être définie dans le règlement (par exemple dans le titre 1) afin de faciliter l'application de ces règles. En première approche, les types de destination et sous-destination peuvent être classés par niveau de vulnérabilité au regard du risque d'inondation dans le règlement du PPRi. Une même sous-destination peut toutefois correspondre à des niveaux de vulnérabilité différents, et cette première approche est généralement à affiner.

Dans tous les cas, il convient d'adapter ces principes généraux au zonage en restant cohérent avec le niveau de risque encouru, et d'associer des prescriptions adaptées.

5.2.2.4.4. Les reconstructions après sinistre

Lorsqu'un bâtiment régulièrement édifié vient à être détruit ou démoli, sa reconstruction à l'identique²²¹ est autorisée dans un délai de dix ans nonobstant toute disposition d'urbanisme contraire, sauf si la carte communale, le plan local d'urbanisme ou le plan de prévention des risques naturels prévisibles en dispose autrement (article L. 111-15 du code de l'urbanisme).

Le PPRi peut ainsi interdire de reconstruire à l'identique, ou imposer des prescriptions à ce type de reconstruction. L'interdiction de reconstruire dans les zones à risques après un sinistre constitue toutefois une atteinte forte au droit de propriété, y compris lorsque la construction détruite est située dans une zone soumise à un aléa fort ou très fort. Le règlement du PPRi distingue alors deux cas :

²¹⁹. Les annexes ne sont pas considérées comme des extensions, mais comme des constructions nouvelles.

²²⁰. Article R. 151-27 : Les destinations de constructions sont : 1° Exploitation agricole et forestière ; 2° Habitation ; 3° Commerce et activités de service ; 4° Equipements d'intérêt collectif et services publics ; 5° Autres activités des secteurs secondaire ou tertiaire.

²²¹. La reconstruction à l'identique implique la même implantation, surface, volume et destination que le bâtiment initial.

- **pour les bâtiments détruits ou endommagés à la suite d'un évènement autre que l'inondation²²²** : quelle que soit la zone du PPRi, le règlement ne s'oppose pas à la reconstruction si celle-ci est réalisée moins de dix ans après la destruction ou l'endommagement du bâtiment. La nouvelle construction doit toutefois respecter des prescriptions cohérentes avec celles applicables aux projets rendus possibles, ou, dans le cas où tous les projets sont interdits, des prescriptions permettant de garantir la sécurité des occupants. Si cette sécurité ne peut pas être garantie au regard du niveau de l'aléa, l'interdiction de reconstruction peut exceptionnellement être envisagée ;
- **pour les bâtiments détruits ou endommagés par une inondation objet du PPRi** : si la zone répond à un principe général d'interdiction, le règlement interdit la reconstruction. Si la zone est constructible, une reconstruction vérifiant les prescriptions applicables dans la zone considérée pour les nouvelles constructions peut être envisagée²²³.

L'interdiction de reconstruire à l'identique après un sinistre ne concerne pas uniquement le cas d'une destruction totale du bâti : cela est également susceptible d'empêcher la réalisation de travaux moins importants. Des nuances entre reconstruction totale ou quasi-totale (définie, par exemple, comme une reconstruction dont l'ordre de grandeur du coût dépasse 50 % d'une reconstruction à l'identique) et reconstruction partielle (définie, par exemple, comme une reconstruction dont l'ordre de grandeur du coût est inférieur à 50 % d'une reconstruction à l'identique) peuvent être apportées dans le règlement. Il est recommandé de justifier les choix réglementaires pour ce type de projet dans la note de présentation du PPRi.

5.2.2.4.5. Les travaux qui contribuent à la réduction de la vulnérabilité

En toute zone, les travaux de réduction de la vulnérabilité, sans augmentation de population (par exemple, les surélévations pour la création d'espaces refuges dans le cas de constructions existantes ne présentant pas de plancher hors d'eau) ne doivent pas être interdits afin de ne pas figer l'existant dans un état de vulnérabilité, dès lors qu'ils sont compatibles avec la tenue du bâtiment en cas de survenue de l'évènement de référence.

5.2.2.5. Les prescriptions relatives aux projets rendus possibles

Le règlement de PPRi définit des prescriptions pour les projets qui sont admis. Leur respect permet de répondre aux objectifs de la prévention des inondations, en premier lieu la protection des personnes et des biens.

Les prescriptions sont à adapter au zonage réglementaire (elles sont d'autant plus fortes que le niveau d'aléa est élevé) et à la nature du projet (elles sont d'autant plus fortes que le projet est vulnérable et/ou présente des enjeux importants). Elles prennent également en considération les spécificités du territoire sur lequel elles doivent s'appliquer. Par exemple, le règlement dans les secteurs concernés par des vitesses de montée des eaux élevées prend en compte les difficultés de mise à l'abri qui en résultent pour les personnes et les biens sous la cote de référence. Les prescriptions sont ainsi adaptées, par exemple en imposant des surélévations hors d'eau des premiers planchers, réseaux, ouvertures et équipements coûteux ou sensibles.

De manière générale, les prescriptions peuvent répondre :

- à une logique **d'obligation de résultat** : dans ce cas, elles portent sur la réalisation d'une étude préalable permettant de déterminer les conditions pour répondre aux objectifs de prévention (voir partie 5.2.2.5.1) ;
- et/ou à une logique **d'obligation de moyen** : dans ce cas, le règlement décrit précisément les solutions techniques, notamment constructives, à respecter ([voir partie 5.2.2.5.2.](#)).

Ces deux approches ne sont pas incompatibles. **Il est recommandé d'accompagner les prescriptions de type « obligation de résultats » par des mesures minimales de précaution de type « obligation de moyens ».**

²²². Un incendie par exemple.

²²³. Au sujet de la reconstruction d'un bâtiment sinistré par un risque naturel, le Conseil d'État, dans sa fonction juridictionnelle, a jugé dans un arrêt rendu le 26 avril 2017 (n° 400457) : « (...) En effet, par les dispositions de l'article L. 111-3 du code de l'urbanisme, le législateur n'a pas entendu donner le droit de reconstruire un bâtiment dont les occupants seraient exposés à un risque certain et prévisible de nature à mettre gravement en danger leur sécurité. Il en va notamment ainsi lorsque c'est la réalisation d'un tel risque qui a été à l'origine de la destruction du bâtiment pour la reconstruction duquel le permis est demandé. Dans une telle hypothèse, il y a lieu, pour l'autorité compétente, de refuser le permis de construire ou de l'assortir, si cela suffit à parer au risque, de prescriptions adéquates, sur le fondement de l'article R 111-2 du code de l'urbanisme. »

5.2.2.5.1. Les prescriptions de type « obligation de résultats »

Une réflexion spécifique est menée pour intégrer dans le règlement les mesures les plus directement opérantes.

Différentes solutions techniques permettent d'atteindre les objectifs de prévention. Identifier les mesures optimales nécessite généralement de disposer de l'ensemble des paramètres liés à un projet. Dans un certain nombre de cas, il est possible de fixer dans le règlement de PPRi le résultat à atteindre et de laisser la liberté des solutions techniques au maître d'ouvrage, au propriétaire ou à l'aménageur concerné, dans une logique d'objectif de performance.

Une étude préalable au projet peut ainsi être prescrite afin de définir ses conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation du projet permettant de respecter les objectifs de prévention. La nature des résultats de cette étude est définie précisément par le règlement du PPRi.

Cette étude n'a pas vocation à être fournie à l'instructeur du permis de construire. En revanche, le règlement du PPRi peut demander la fourniture d'une attestation, établie par l'architecte du projet ou par un expert, certifiant que cette étude a été réalisée et constatant que le projet prend en compte ces conditions au stade de la conception (article R. 431-16 du code de l'urbanisme). Les résultats d'une telle étude peuvent engager la responsabilité du maître d'ouvrage et du constructeur. Elle peut être contrôlée par la collectivité chargée de l'application du droit des sols (ADS) pendant les travaux ou à leur achèvement (article R. 462-7 du code de l'urbanisme).

Afin d'accompagner le maître d'ouvrage et ses maîtres d'œuvre dans la conception de leur projet et la production de l'attestation de prise en compte de l'obligation de résultat, le PPRi peut proposer en annexe un outil d'autodiagnostic à titre informatif. Il ne constitue pas une liste exhaustive ni obligatoire, mais peut servir d'appui et de base de discussion.

5.2.2.5.2. Les prescriptions de type « obligation de moyens »

Le règlement peut imposer des prescriptions relatives à différents aspects du projet, par exemple :

- la réalisation du premier plancher aménageable ou habitable au-dessus de la cote de référence ;
- la mise hors d'eau de toutes les ouvertures (porte d'entrée, porte-fenêtre, porte de service, porte de garage, baie vitrée, soupirail)²²⁴ ;
- l'obligation de zones refuges hors d'eau, auxquelles il est notamment possible d'accéder depuis tous les locaux situés sous la cote de référence ;
- l'interdiction de réaliser des niveaux enterrés ou semi-enterrés tels que des sous-sols et des caves ;
- l'implantation des constructions dans les zones les moins impactées ;
- la limitation de l'emprise des constructions ;
- l'interdiction des exhaussements et remblais, ou au minimum, la compensation *in situ* des remblais afin de ne pas réduire les capacités d'expansion des crues ;
- la mise hors d'eau des installations sensibles telles que les réseaux et équipements électriques, électroniques, micro-mécaniques et les installations de chauffage, à l'exception de ceux conçus pour être immergés. Dans tous les cas, leurs dispositifs de coupure doivent être placés au-dessus de cette hauteur ;
- la mise hors d'eau de produits dangereux, pouvant notamment engendrer des pollutions importantes ou des risques pour la santé en cas d'inondation ;
- l'obligation de fondations capables de résister aux affouillements, tassements ou érosions locales ;
- l'obligation de structures capables de résister aux écoulements ;
- l'obligation pour les projets relevant des destinations « équipements d'intérêt collectif et services publics » et « autres activités des secteurs secondaire et tertiaire » de faire l'objet d'un plan de continuité d'activité ;
- etc.

224. La mise en œuvre de cette prescription est parfois difficile, que ce soit pour répondre à des normes d'accessibilité ou pour permettre des liaisons avec l'espace public, notamment dans les zones de centre urbain. Il est ainsi parfois nécessaire d'adapter cette prescription, par exemple en prévoyant des ouvertures au niveau des trottoirs afin de rentrer dans des halls via lesquels il est ensuite possible d'accéder à des planchers sur-élevés au-dessus des cotes de référence.

Certaines mesures relèvent *a priori* plus de recommandations²²⁵, par exemple :

- l'absence de stockage de matériaux et matériels sensibles en rez-de-chaussée ;
- l'aménagement d'un accès hors d'eau facilitant l'évacuation rapide et en toute sécurité des occupants ;
- la mise en place d'infrastructures de desserte hors d'atteinte des crues, n'ayant pas pour effet une rétention d'eau susceptible d'aggraver les risques, y compris en dehors de la zone d'aménagement ;
- la réalisation mesures particulières de gestion de crise (PFMS, etc.) ;
- la mise en place d'un dispositif de batardeaux ;
- la mise en place de dispositifs de sensibilisation et de partage de la culture du risque, afin de maintenir la sensibilisation des habitants dans la durée ;
- etc.

5.2.3. Les mesures de prévention, protection et de sauvegarde

Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde sont des mesures d'ensemble qui ne sont pas directement liées à un projet spécifique et que les particuliers, les gestionnaires de réseaux et d'infrastructures ou les établissements, sont encouragés ou obligés à mettre en œuvre. Ce sont, par exemple, les plans de continuité de service ou d'activité ou, pour les établissements scolaires, les plans particuliers de mise en sûreté face aux risques majeurs. Ces mesures regroupent également les mesures collectives à mettre en place par les EPCI, en tant que maîtres d'ouvrage publics ayant la compétence GEMAPI.

Elles répondent aux objectifs de prévention issues de la stratégie nationale de gestion du risque d'inondation.

La mise en œuvre de certaines mesures peut être rendue obligatoire dans un délai de cinq ans et, à défaut de conformité, le préfet peut imposer leur réalisation aux frais du propriétaire, de l'utilisateur et de l'exploitant (article L. 562-1 II 4° du code de l'environnement).

Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde représentent 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 et les particuliers concernés.

Pour plus de clarté dans le règlement, les mesures sont classées par objectif.

Les **mesures de prévention** visent par exemple l'amélioration de la connaissance des aléas, la mise en place de systèmes de surveillance ou d'alerte ou bien encore l'information et l'acculturation aux risques des populations. Elles peuvent également porter sur la réduction des aléas (par exemple pour réduire l'aléa à la source), ou sur la diminution de la vulnérabilité des enjeux.

Les **mesures de protection** visent à limiter l'étendue ou la gravité des conséquences des inondations et permettent par exemple :

- de préciser les conditions d'entretien des cours d'eau et des abords ;
- de prescrire la réhabilitation, la surveillance et l'entretien des ouvrages de protection et des ouvrages linéaires tels que les infrastructures de transport ayant un effet digue ;
- de limiter l'imperméabilisation des surfaces.

Les **mesures de sauvegarde** portent sur la gestion de la sécurité publique en cas de sinistre (réalisation d'un plan de secours, identification d'un espace refuge pour les établissements recevant du public), ou définissent les conditions d'utilisation des infrastructures en vue de faciliter l'intervention des services de secours (largeur de la voirie, zones d'accès hors d'eau en cas d'inondation).

²²⁵. Le caractère obligatoire ou facultatif de chacune de ces mesures est à adapter au cas par cas.

À ce titre, le règlement peut :

- définir des règles relatives aux réseaux et infrastructures publics desservant son secteur d'application et visant à faciliter les éventuelles mesures d'évacuation, d'intervention des secours ou de gestion de crise ;
- prescrire (ou recommander) aux particuliers ou à leurs groupements la réalisation de travaux contribuant à la prévention des risques et leur confier la gestion de dispositifs de prévention des risques en cas de survenance des phénomènes considérés.

Il peut également s'agir de moyens légers ou non-structurels, le plus souvent mis en œuvre par des collectivités :

- instrumentation et surveillance de sites ou d'ouvrages ;
- information sur les risques et les précautions à prendre, notamment dans les zones urbanisées fortement impactées ;
- élaboration de plans de secours et d'évacuation.

5.2.4. Les mesures de réduction de la vulnérabilité des biens et activités existants

5.2.4.1. Les principes généraux

Des 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 (article L. 562-1-II 4° du code de l'environnement) sont définies dans le règlement de PPRi.

Il doit être précisé clairement dans le règlement :

- à qui incombe la mesure : il s'agit des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ;
- son caractère **obligatoire** ou seulement **recommandé**, en fonction du niveau de risque, des spécificités des biens et activités concernés, des démarches mises en œuvre par ailleurs (par exemple dans le cadre d'un PAPI), et de l'intérêt de la mesure²²⁶ ;
- le **déla**i imposé pour la réalisation des mesures obligatoires : elles doivent être réalisées dans un délai ne dépassant pas 5 ans, pouvant être réduit en cas d'urgence (article R. 562-5-II du code de l'environnement).

Une analyse détaillée de la vulnérabilité permet d'identifier les secteurs dans lesquels il est important de rendre les travaux obligatoires, et au contraire, ceux dans lesquels une simple recommandation peut suffire. À titre d'illustration, il peut être envisagé de rendre les travaux obligatoires :

- dans les secteurs soumis à des aléas fort ou très fort ;
- dans les secteurs où l'existant est particulièrement vulnérable ;
- dans les secteurs soumis un risque d'inondation fréquent, auquel cas il est alors nécessaire que le zonage réglementaire fasse apparaître ces secteurs (cela peut par exemple être réalisé via l'affichage de l'enveloppe d'une crue décennale²²⁷).

Le **montant des travaux imposés ne peut pas dépasser 10 % de la valeur vénale ou estimée** du bien à la date d'approbation du plan (article R. 562-5 du code de l'environnement). Au-delà de ce montant, le caractère obligatoire disparaît de fait et la prescription se transforme en simple recommandation. **Le législateur a prévu que les mesures obligatoires soient accompagnées financièrement par le FPRNM** dans le cadre de la mesure « études et travaux de réduction de la vulnérabilité imposés par un plan de prévention des risques naturels prévisibles (ETPPRN)²²⁸. Le PPRi précise ces possibilités de subvention pour informer au mieux les bénéficiaires potentiels.

²²⁶. Il est généralement recommandé par exemple d'imposer la réalisation de diagnostic de vulnérabilité, ce qui permet leur financement via le FPRNM.

²²⁷. Dans l'éventualité où cette information, qui ne fait pas partie stricto sensu de l'élaboration du PPRi, est disponible ([voir partie 3.2.3.1.8.](#)).

²²⁸. Le guide relatif à la mobilisation du fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), disponible en ligne (<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20FPRNM%202021.pdf>), précise ce point.

Des communications auprès du public concerné sont réalisées, tant dans les phases de concertation publique qu'après l'approbation du PPRi, afin que tous propriétaires, exploitants ou utilisateurs concernés soient informés et pas seulement ceux voulant mettre en œuvre un projet au moment de la demande d'autorisation d'urbanisme.

La non mise en œuvre des mesures imposées par un PPRi dans le délai imparti peut avoir les conséquences suivantes :

- **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'utilisateur²²⁹ ;**
- **l'assureur du bien peut exceptionnellement se soustraire à son obligation de garantie « catastrophes naturelles » ;**
- **la responsabilité pénale des loueurs ou bailleurs peut être engagée pour mise en danger des occupants le cas échéant ;**
- **l'obligation de travaux demeure une fois que les cinq ans sont passés. En cas de revente, le bien peut perdre de la valeur au regard du coût des travaux à réaliser par le futur propriétaire.**

L'imposition de mesures obligatoire aux particuliers doit être correctement proportionnée aux enjeux et doit être évaluée au regard des conséquences en cas de non-respect.

5.2.4.2. Les différents types de mesures

Elles peuvent être de natures très diverses. Le PPRi peut définir un catalogue de mesures limitées et réalistes de réduction de la vulnérabilité des bâtiments. La liste ci-dessous fournit des exemples :

- l'aménagement de zones refuges accessibles de l'intérieur et de l'extérieur des bâtiments ;
- l'adaptation des matériaux à l'eau ;
- l'amélioration de la transparence des clôtures et des cultures ;
- la vérification de la résistance du bâti (notamment en cas de crues rapides) et des fondations (notamment dans les zones où la vitesse du courant est significative) ;
- le renforcements de fondations dans les zones sujettes aux affouillements, soit par reprise en sous-œuvre soit, lorsque le travail en sous-œuvre n'apparaît pas possible, par renforcement par banquette ferrillée ou par protection autour du bâtiment ;
- les renforcements de façades sur des bâtiments anciens ;
- les équipements permettant d'étancher les ouvertures sous la cote de référence de crue (batardeaux, clapets anti-retour, etc.) ;
- la sur-élévation des équipements sensibles (chaudière, compteur électrique, etc.) ;
- le déplacement, la surélévation ou l'obstruction d'ouvertures, ainsi que le renforcement de portes (solidité, étanchéité).

²²⁹. Article L. 562-1 du code de l'environnement.



Illustration 39 : travaux de réduction de la vulnérabilité des habitations individuelles. Source : référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant (MELT/MEDDE, 2012).

Le PPRi peut également prescrire un diagnostic de vulnérabilité (sécurité des personnes et des biens) visant à définir les mesures adaptées au bien existant. La prescription d'un diagnostic sur le bâti a vocation à être utilisée dans les cas suivants :

- le diagnostic de territoire ne permet pas de définir des mesures simples et adaptées, par exemple lorsque le contexte est particulièrement hétérogène ;
- pour les activités économiques²³⁰, les installations et établissements publics, qui présentent des enjeux spécifiques : protection des employés, coûts des dommages potentiellement très élevés, risques de rupture d'activité sur le long terme, etc.²³¹ ;
- pour les particuliers dans les zones très exposées où la sécurité des personnes est en jeu ;
- pour les cas d'exposition des bâtiments ou des installations les plus sensibles tels que certains ERP, les établissements industriels ou commerciaux de plus de vingt salariés et les gestionnaires de réseaux (pour ces derniers, en application de l'article 6 de la loi du 13 août 2004).

Ce type de diagnostic peut être réalisé soit par un professionnel spécialisé, soit par le propriétaire/gestionnaire/utilisateur du bâtiment lui-même : on parle alors d'auto-diagnostic. Ces (auto-) diagnostics peuvent s'appuyer sur les guides existants²³².

D'autres mesures peuvent également être prescrites ou recommandées (illustration 39), comme :

- la mise hors d'eau des produits, marchandises et matériels sensibles à l'eau ;
- la mise hors d'eau des installations électriques ;
- la mise en place d'un système d'alerte en cas de montée des eaux sur le site ;
- le démontage des machines ou la déconnexion des raccordements²³³.

²³⁰. Elles correspondent principalement aux activités agricoles, forestières, artisanales, commerciales et industrielles.

²³¹. Le plan de continuité d'activité (PCA) est l'outil adapté permettant de réduire ces dommages et faciliter une reprise normale de l'activité. Pour les activités et établissements publics situés dans les zones d'aléa fort, le PCA peut être rendu obligatoire.

²³². <http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/inondations-etes-vous-bien-prepare-a3719.html>.

²³³. Issu du document d'étape « La mitigation en zone inondable – réduire la vulnérabilité des biens existants » (MEEM, mars 2005)

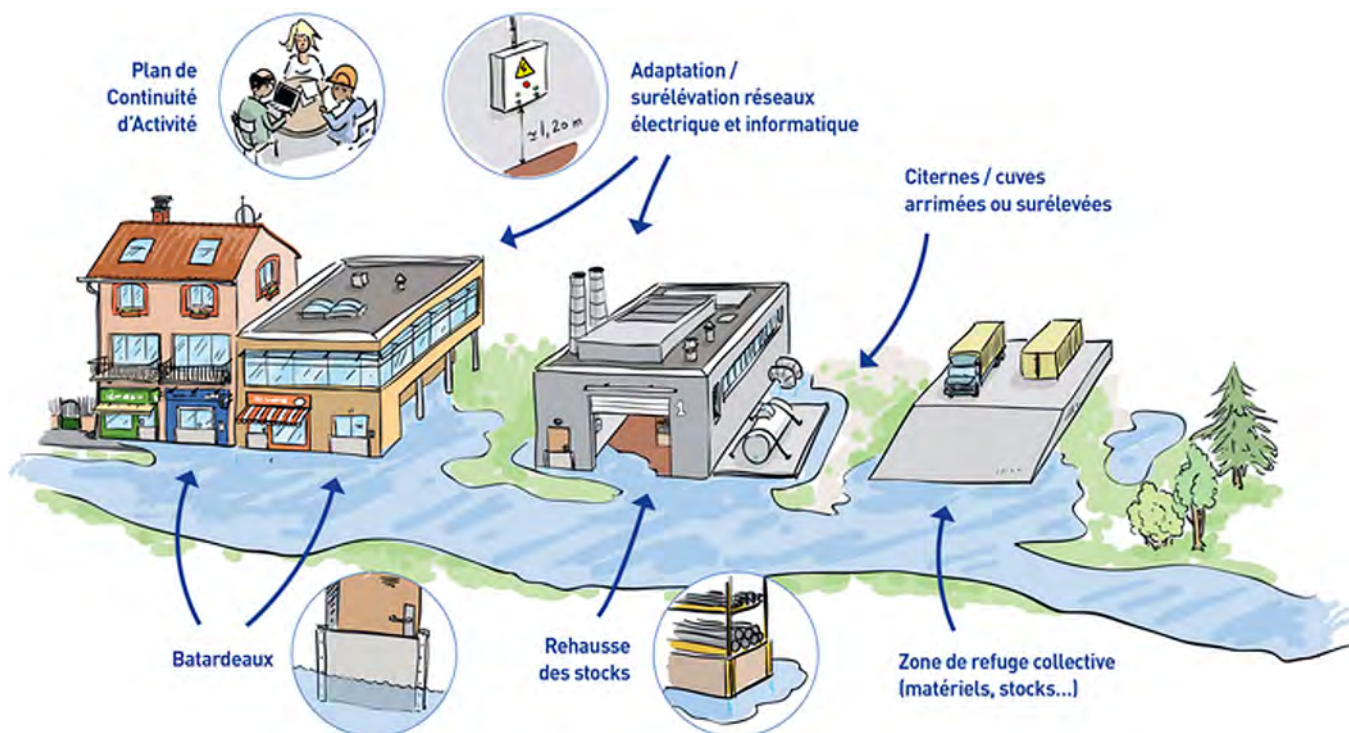


Illustration 40 : exemple de mesures de réduction de vulnérabilité des entreprises (© DREAL Auvergne-Rhône-Alpes).

Pour les habitations, les prescriptions réglementaires peuvent s'appuyer sur le tableau présentant la pertinence des travaux à prescrire en fonction du niveau de l'aléa de référence figurant en page 22 du « référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant » (METL/MEDDE, 2012).

Pour les activités agricoles, les mesures de réduction de la vulnérabilité peuvent par exemple s'inspirer des préconisations mentionnées dans le guide de prise en compte de l'activité agricole et des espaces naturels dans le cadre de la gestion des risques d'inondation, volet 1, fiche 13 (MEEM/MAAF, 2016).

5.2.4.3. La hiérarchisation des mesures

Les mesures de réduction de la vulnérabilité sont rédigées de manière pédagogique et priorisée afin d'être compréhensibles et accessibles pour tous. L'ordre de lecture permet de comprendre leur cohérence et leur importance relative. Les mesures peuvent par exemple être hiérarchisées en fonction de leur finalité :

- la sécurité des personnes (espaces refuges, travaux de consolidation des structures, la suppression d'ouvertures sur les murs exposés, etc.) ;
- la limitation des dommages aux biens (utilisation de matériaux plus résistants, déplacement des installations les plus sensibles, etc.) ;
- le retour à la normale (recours à des matériaux faciles à nettoyer ou à remplacer, etc.).

Les mesures sont par ailleurs classées en fonction des catégories d'enjeux auxquels elles s'adressent : maisons individuelles, entreprises, locaux commerciaux, établissements recevant du public, etc.

Enfin, il est utile de hiérarchiser les mesures par ordre de priorité, afin de mieux identifier lesquelles mettre en œuvre si le coût de mise en œuvre est supérieur à 10 % de la valeur vénale du bien et dépasse les possibilités de co-financement par le FPRNM. Dans ce cas, il convient de préciser que le caractère obligatoire des mesures non prioritaires disparaît.

Par ailleurs, comme le précise le guide relatif à la mobilisation du fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), les travaux rendus obligatoires par un PPRn pour un bien considéré sont à réaliser en priorité par rapport à ceux relatifs à la mesure RVPAPI (diagnostics et travaux de réduction de la vulnérabilité dans un programme d'actions de prévention des inondations).

VI. LE DOSSIER DE PPRI

Introduction

Le dossier de PPRI est l'aboutissement de la procédure d'élaboration du PPRI. Le présent guide n'a pas vocation à détailler l'ensemble du dossier, mais se focalise sur les aspects qui relèvent des débordements de cours d'eau. Pour ce qui relève des dispositions générales, on se reportera aux différents guides publiés à la Documentation française ou disponibles auprès du ministère chargé de la prévention des risques et en particulier à la troisième partie du guide général relatif à l'élaboration des PPRn et au « cahier de recommandations sur le contenu des PPRn ».

6.1. Les pièces constitutives du dossier de PPRI

L'article R. 562-3 du code de l'environnement indique que le dossier de projet de plan comprend :

- 1° **une note de présentation** portant sur le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances. La carte de l'aléa de référence débordement de cours d'eau est intégrée à cette note ;
- 2° un **zonage réglementaire** comprenant un ou plusieurs documents graphiques ;
- 3° un **règlement** précisant les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones du zonage ainsi que les différentes mesures de prévention.

Une **première version du dossier** est constituée pour la consultation (article R. 562-7 du code de l'environnement) et l'enquête publique (article R. 562-8 du code de l'environnement). Elle intègre, en plus du projet de plan, les pièces et avis prévus à l'article R. 123-8 du code de l'environnement, et notamment la décision d'évaluation environnementale prise après examen au cas par cas et le rapport d'évaluation environnementale si celle-ci est requise.

D'autres éléments peuvent également être joints au dossier pour faciliter la compréhension des pièces réglementaires. Il peut s'agir de :

- la carte du périmètre du PPRI ;
- la carte des enjeux, et notamment des différents types d'espaces ;
- le ou les rapports d'étude(s).

Après l'enquête publique, **le dossier est mis à jour** pour intégrer les évolutions résultant de l'enquête.

Après approbation, le dossier contient également l'arrêté d'approbation.

6.2. La note de présentation

La note de présentation est un document important ayant pour fonction :

- d'expliquer et de justifier la démarche relative au PPRI et son contenu. Elle doit être claire, étayée et doit permettre de convaincre, tant le citoyen et l'élu, que le juge, de l'opportunité de la réglementation mise en place par le PPRI ;
- en cas de révision ultérieure du PPRI ou de contentieux, de permettre au service instructeur de retrouver les éléments de compréhension sur les études initiales et les choix réglementaires opérés au regard des objectifs de prévention.

La démarche d'élaboration du PPRI suppose ainsi la réalisation de documents cartographiques adaptés, dont l'objectif est non seulement technique, mais aussi informatif pour le grand public. Les cartes techniques d'aléa et d'enjeux, établies au fur et à mesure de la démarche, constituent des supports indispensables de l'association et la concertation pour localiser, communiquer et échanger. Elles peuvent être complétées par d'autres documents : cartes anciennes, photographies aériennes, photographies au sol, etc.

L'analyse et la cartographie des enjeux s'appuient autant que possible sur un SIG qui facilite le recueil des données, leur traitement, leur représentation, leur mise à jour ainsi que la superposition des enjeux et des aléas pour bâtir le zonage réglementaire.

La note de présentation peut être étoffée au-delà du contenu réglementaire de l'article R. 562-3 du code de l'environnement, afin d'assurer une bonne compréhension du dossier. Il est notamment conseillé de traiter les points suivants.

6.2.1. La démarche globale de gestion des risques d'inondation

La note de présentation rappelle :

[Les grands principes de la politique nationale de prévention des risques naturels d'inondation.](#)

Il convient notamment de rappeler les objectifs et principes portés par la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation, développés en partie 1.2.1.

[Le contexte local de la prévention des risques](#)

Les différents outils ou démarches antérieures au PPRi ou en cours (PGRI, SLGRI, SDAGE, P(I)CS, etc.) sont présentés, et mis en perspective par rapport au futur PPRi.

L'organisation locale mise en place ou prévue pour exercer la compétence GEMAPI est exposée.

[Le PPRi](#)

Les principes et les objectifs du PPRi sont présentés, ainsi que sa procédure d'élaboration, les modalités de l'association et de la concertation, son contenu et sa portée.

6.2.2. La justification de la mise en œuvre du PPRi sur le territoire

Les raisons de la prescription du PPRi sont précisées en lien avec le contexte local. Elles découlent principalement de l'évaluation de l'importance du risque (parfois mise en lumière par un évènement récent), notamment en termes de dommages potentiels, sur les personnes et les biens, mais aussi de l'analyse des documents d'urbanisme et de la politique d'aménagement de la ou des communes concernées ([voir partie 2.2](#)).

Si le PPRi correspond à la révision d'un document antérieur, les raisons de la révision sont justifiées ainsi que les différences qui apparaissent (évolution accélérée de certains phénomènes ou mise en conformité avec le PGRI par exemple). C'est le cas également des PPRi réalisés dans les vallées couvertes par une démarche antérieure comme un plan de surfaces submersibles (PSS) ou un plan d'exposition au risque (PER).

6.2.3. La présentation du territoire

Le choix des limites du bassin de risque et du périmètre d'étude est justifié par une description succincte du système naturel et de ses entités ([voir partie 2.7](#)).

La note de présentation décrit la nature des phénomènes à l'origine des inondations et leurs conséquences possibles sur ce périmètre, ainsi que les événements historiques et les dommages occasionnés, indispensables pour raviver la mémoire collective, et constituant souvent une des meilleures justifications du PPRi. Cette partie est utilement illustrée à partir de photographies, d'extraits de presse ou d'archives. L'importance des phénomènes auxquels le territoire est exposé et leur localisation peuvent être synthétisées en recourant à une carte informative des phénomènes naturels.

Il convient de recourir à un vocabulaire accessible à des non-spécialistes et en renvoyant le cas échéant à des références bibliographiques.

Le choix des limites du PPRi est également expliqué s'il ne recouvre qu'une partie du bassin de risque, en s'appuyant sur les priorités définies par le préfet à partir notamment du contexte socio-économique et environnemental et des enjeux locaux (population, occupation du sol, axes de communication, équipements publics, projets d'aménagement, etc.).

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

6.2.4. L'aléa de référence

La note de présentation présente l'aléa de référence. La définition de l'aléa de référence est une étape indispensable de l'élaboration du PPRi. Elle repose sur le choix de scénarios d'inondation, se basant sur un scénario de référence, et des sous-scénarios. Il est donc important d'expliquer la définition de l'aléa de référence, et les principes conduisant aux choix des hypothèses le définissant (événement historique ou théorique centennal, principe de défaillance des ouvrages notamment). En particulier, l'aléa de référence du PPRi peut être contextualisé par rapport aux scénarios de la directive Inondation (événements fréquents, de période de retour de 10 à 30 ans, et événements exceptionnels, dont la période de retour est de l'ordre du millénaire).

La note précise ensuite l'évènement de référence retenu, qu'il soit théorique centennal ou historique et les hypothèses de prise en compte de chaque structure affectant les écoulements, et en premier lieu les systèmes d'endiguement. Elle détaille la ou les méthode(s) de caractérisation de l'aléa de référence retenue(s) (modélisation hydraulique, hydrogéomorphologie, analyse historique) en explicitant les hypothèses retenues et en précisant les incertitudes. La note décrit les critères de qualification retenus et leur valeur pour hiérarchiser les niveaux d'aléa.

Le partage de ces éléments, dans un souci de transparence, est une condition primordiale d'appropriation et d'acceptation du PPRi.

La carte de l'aléa de référence d'inondation par débordement de cours d'eau est intégrée à cette note comme le mentionne l'article R. 562-3 du code de l'environnement. Cette carte peut être réalisée au 1 : 25 000 sur un fond cadastral²³⁴ ou orthophotographique. La compatibilité géométrique entre le zonage de l'aléa de référence et le fond utilisé doit être vérifiée.

La carte de l'aléa de référence fait obligatoirement apparaître le niveau d'aléa. Il convient également d'ajouter des cartes présentant les hauteurs d'eau maximales, et si possible les vitesses maximales d'écoulement, les vitesses de montée des eaux et les dynamiques.

6.2.5. Les enjeux

La note décrit les différents enjeux territoriaux et présente les conséquences potentielles de leur exposition aux aléas vis-à-vis notamment des personnes, des biens, des activités, des infrastructures et du patrimoine, ainsi que le cas échéant des risques pour les vies humaines.

Elle précise la méthode de caractérisation des enjeux, et plus particulièrement des niveaux d'urbanisation (non urbanisés, urbanisés hors centres urbains et centres urbains), ainsi que les incertitudes inhérentes à cette analyse.

Les cartes élaborées dans le cadre de l'analyse des enjeux, et notamment la carte des niveaux d'urbanisation, sont utilement jointes à la note de présentation. Cette carte peut être réalisée au 1 : 5 000, en s'appuyant sur les limites cadastrales du produit Parcellaire Express (régulièrement actualisé), avec le bâti le plus à jour possible.

6.2.6. L'évaluation environnementale

La note de présentation du PPRi doit également respecter les dispositions précisées par l'article R. 123-8 du code de l'environnement portant sur la composition du dossier soumis à enquête publique. Elle précise la décision d'évaluation environnementale prise après l'examen au cas par cas.

Lorsque l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement a conclu, **à l'issue de l'examen au cas par cas**, à la nécessité de réaliser une évaluation environnementale du PPRi, il est nécessaire de faire figurer dans le dossier d'enquête publique du PPRi le rapport sur les incidences environnementales du PPRi. Il s'agit d'un document distinct du rapport de présentation, du règlement et des documents graphiques composant le PPRi, et dont le contenu est défini par l'article L. 122-6 et par l'article R. 122-20 du code de l'environnement.

²³⁴. Le fond cadastral de référence est le produit Parcellaire Express (PCI), qui remplace depuis 2019 la BD PARCELLAIRE® de l'IGN.

6.2.7. Le zonage et le règlement

Il convient de préciser :

- les principes fondamentaux définis par l'article L. 562-1 du code de l'environnement ayant présidé à la délimitation du zonage réglementaire pour tous les types de PPRn, et par l'article R. 562-11-6 à 9 du code de l'environnement pour les PPRi concernant les aléas débordement de cours d'eau (hors cours d'eau torrentiels) et submersion marine ;
- les critères conduisant aux délimitations ;
- les éventuelles adaptations des limites des zones et du règlement issues de la concertation avec les collectivités pour tenir compte des spécificités locales ;
- l'objectif général de prévention visé pour chaque zone ;
- les clés de lecture du plan de zonage réglementaire : légende, mode de représentation choisi, type de fond de plan, etc.

L'explication et les motivations du règlement sont aussi une des conditions d'acceptation et d'efficacité du PPRi. Il convient ainsi de :

- présenter l'objet du règlement,
- expliquer et justifier les principes ou spécifiés des règlements de chacune des zones.

6.2.8. La consultation et la concertation

La note de présentation intègre également les retours de la consultation officielle des collectivités et des organismes associés, ainsi que des éléments relatifs à l'enquête publique : dates principales, remarques formulées et réponses apportées par les services de l'État, etc.

6.2.9. Les annexes

De nombreux documents peuvent utilement compléter la note de présentation en plus de ceux cités précédemment :

- **différents rapports d'études** : lorsque des analyses approfondies ont été réalisées, elles peuvent être annexées à la note de présentation, résumées dans les annexes, ou être mentionnées dans la bibliographie ;
- **une carte du bassin de risque** ;
- **une carte informative des phénomènes naturels**, intégrant tous les phénomènes du territoire d'étude sur une seule carte informative, et éventuellement l'emprise du lit majeur des cours d'eau. Cette carte peut être réalisée au 1 : 25 000 sur fond IGN ;
- **une carte informative des inondations historiques**, qui peut utilement compléter la carte des phénomènes naturels. Cette carte peut être réalisée au 1 : 25 000 sur fond IGN ;
- **une carte hydrogéomorphologique**, qui peut également être intégrée au dossier dans la mesure où elle facilite la compréhension des aléas et peut faire favorablement évoluer la perception des risques ;
- **une carte des ouvrages de protection** et des autres ouvrages hydrauliques interférant potentiellement avec les écoulements. Il est recommandé d'identifier les maîtres d'ouvrages et de dater la carte²³⁵. L'échelle et le fond de cette carte sont adaptés pour une bonne lisibilité en fonction de la quantité d'information à traiter, classiquement entre le 1 : 10 000 sur fond IGN, ou le 1 : 5 000 superposé avec les limites cadastrales (produit Parcellaire Express).
- **une carte des enjeux particuliers** ;
- etc.

235. Il est recommandé de manière générale de dater et sourcer toutes les cartes.

VII. ANNEXES

7.1. Les bassins hydrographiques français.....	128
7.2. Les niveaux d'aléa en fonction des hauteurs et vitesses d'écoulement.....	129
7.3. Les bases de données utiles pour les enjeux.....	130
7.4. L'évaluation de la réduction de vulnérabilité.....	131
7.5. Les géostandards relatifs aux risques.....	139
7.6. Les notions fréquemment utilisées dans les règlements de PPRi.....	139
7.6.1. La hauteur par rapport au terrain naturel.....	139
7.6.2. Les niveaux de fondation.....	141
7.7. Glossaire.....	142
7.8. Liste des sigles et abréviations.....	151
7.9. Index des illustrations, figures et photographies.....	154
7.10. Index des tableaux.....	157
7.11. Bibliographie.....	158

7.1. Les bassins hydrographiques français

Les 12 bassins hydrographiques français sont :

- les sept bassins métropolitains : Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée, Corse, Seine-Normandie ;
- et les cinq bassins d'outre-mer : Guadeloupe, Guyane, Martinique, La Réunion et Mayotte.

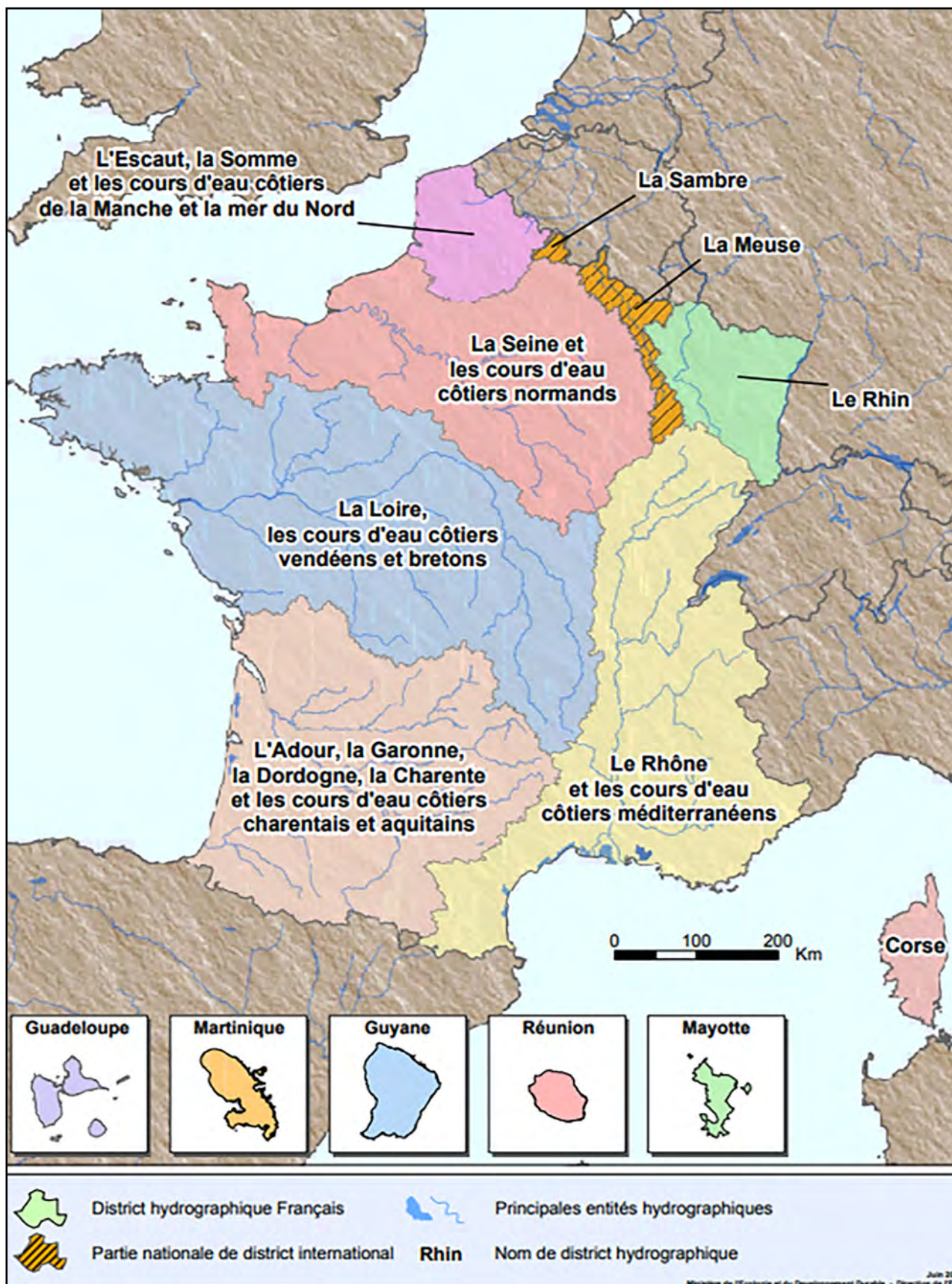


Illustration 41 : les bassins hydrographiques français. Source : MTECT, Direction de l'eau.

7.2. Les niveaux d'aléa en fonction des hauteurs et vitesses d'écoulement

Les graphes ci-dessous permettent d'appréhender les niveaux d'aléa directement par croisement entre les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement, **les règles de croisement étant à adapter à chaque classe de vitesse de montée des eaux.**

Les seuils relatifs aux hauteurs d'eau sont explicitement définis par l'arrêté du 5 juillet 2019 (sauf pour les hauteurs extrêmement faibles). **Ceux relatifs aux vitesses d'écoulement sont à définir localement²³⁶ et à justifier dans la note de présentation du PPRI.**

Le schéma ci-dessous propose, **à titre illustratif**, des exemples de définition de niveaux d'aléa en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement, pour différentes vitesses de montée des eaux.

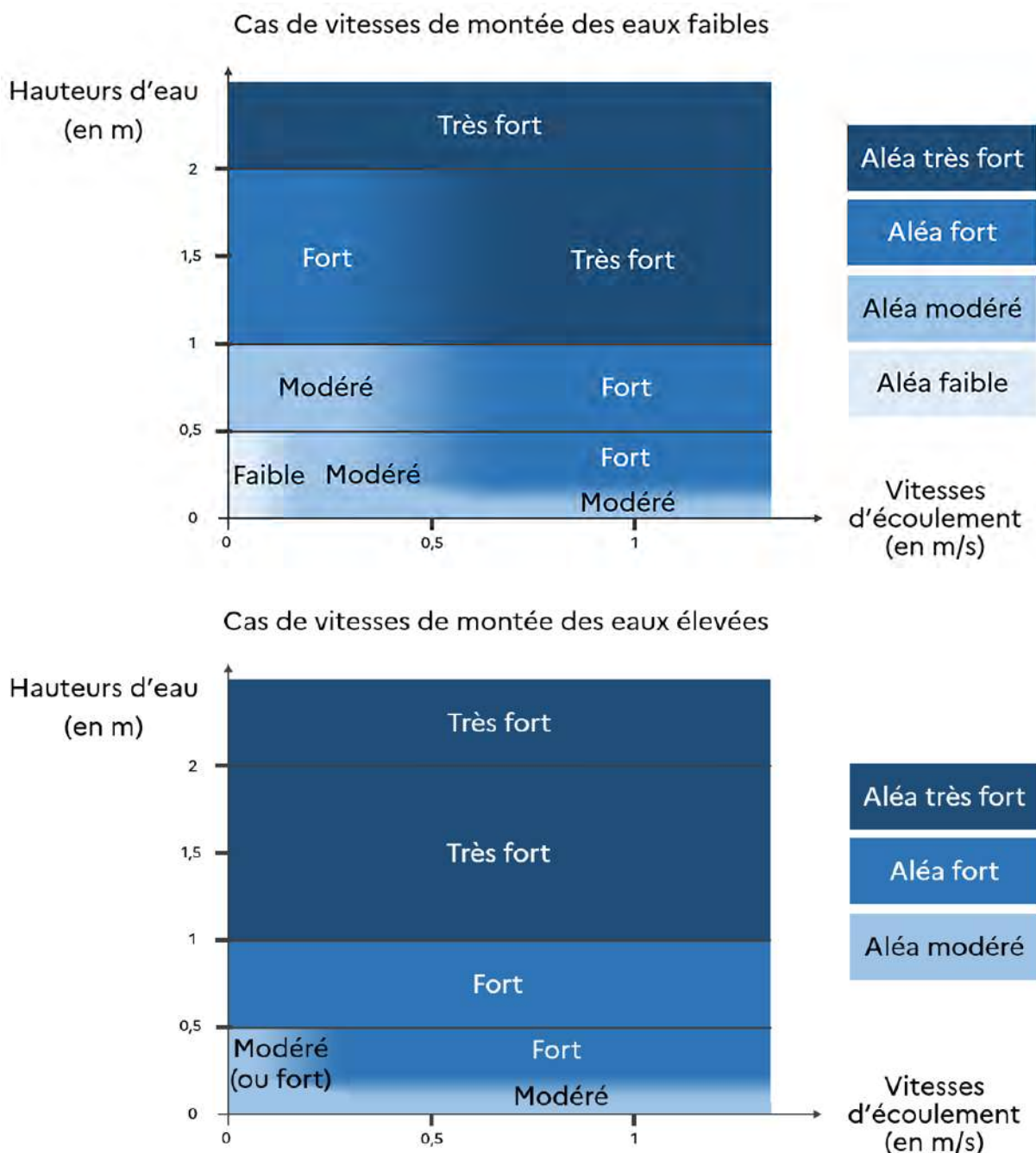


Illustration 42 : exemples indicatifs de niveaux d'aléa en fonction de hauteurs d'eau et de vitesses d'écoulement, pour différentes vitesses de montée des eaux. En haut : pour des vitesses de montée des eaux faibles. En bas : pour des vitesses de montée des eaux élevées.

²³⁶. Pour cette raison, les graphiques présentés n'identifient pas de seuils quantitatifs de vitesse d'écoulement pour caractériser les frontières entre niveaux d'aléa et affichent des dégradés sur les zones de transition. Ces seuils de vitesse d'écoulement doivent toutefois être définis explicitement pour le PPRI.

7.3. Les bases de données utiles pour les enjeux

Nom	Producteur	Type	Échelle d'utilisation	Description	Précision planimétrique
BD Topo	IGN	Vecteur	1 : 5 000 – 1 : 50 000	Description 2D et 3D des éléments du territoire et de ses infrastructures ²³⁷ .	Métrique
BD Carto	IGN	Vecteur	1 : 50 000 – 1 : 250 000	Représentation 2D du territoire et de ses infrastructures.	Décamétrique
Parcellaire Express (PCI)	IGN	Raster / vecteur	1 : 5 000 – 1 : 50 000	Représentation du cadastre (parcelles et bâtiments).	Variable
OCS GE	IGN	Vecteur	1 : 5 000	Description de l'occupation des sols.	Métrique
CORINE Land Cover	EEA / CGDD	Vecteur	1 : 100 000	Occupation des terres / usage des sols pour toute l'Europe.	Décamétrique
Fichiers fonciers	Cerema	Vecteur	1 : 5 000 – 1 : 50 000	Description du foncier (bâti et non bâti) et des locaux, à l'échelle des parcelles cadastrales (informations issues de la DGFIP localisées sur la base de la BD Parcellaire de l'IGN).	Métrique
BD Ortho	IGN	Raster	1 : 5 000 – 1 : 50 000	Fond de plan ortho (photographie aérienne rectifiée).	Métrique

Tableau 13 : liste de base de données pouvant être utiles pour l'analyse des enjeux.

Le Géoportail de l'urbanisme peut également être une ressource intéressante pour consulter et télécharger des documents d'urbanisme, des servitudes d'utilité publique et d'autres informations utiles.

²³⁷. Utile notamment pour la description détaillée du bâti, pour les couches descriptives de l'occupation du sol et pour les couches «ZONE_D_HABITATION» et «ZONE_D_ACTIVITE_OU_D_INTERET»

7.4. L'évaluation de la réduction de vulnérabilité

La grille d'analyse indicative ci-après propose une méthodologie pour évaluer l'évolution de la vulnérabilité d'un territoire dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain. Toutes les cases du tableau ci-dessous n'ont pas vocation à être remplies dans le cadre du présent guide : quelques exemples généraux, valables pour une majorité d'opérations, sont proposés pour guider les questionnements, mais **la méthodologie est à adapter et compléter en fonction du contexte, et des critères retenus dans le règlement du PPRI.**

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
Axe 1 Augmenter la sécurité des personnes	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la population en zone inondable ?	Population en zone inondable : <ul style="list-style-type: none"> ▪ nombre de logements, d'hébergements, ou surface de plancher par destination ; ▪ nombre de salariés / d'entreprises ; ▪ nombre d'ERP ; ▪ etc. 	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> ▪ si la population en zone inondable augmente dans des proportions limitées ➔ Rouge ; ▪ si la population en zone inondable augmente dans des proportions limitées, mais que le projet a pour conséquence un transfert de population de zones en aléa fort/très fort vers des zones en aléa plus faible ➔ Orange ; ▪ si la population en zone inondable augmente dans des proportions importantes ➔ Noir. 	L'augmentation limitée de la population en zone inondable n'est pas nécessairement rédhibitoire, notamment si elle est accompagnée d'une suppression/diminution drastique de la population directement exposée, par exemple en rez-de-chaussée. Les indicateurs peuvent être complétés au regard : <ul style="list-style-type: none"> ▪ de la nature des aléas : l'augmentation de la population est moins préjudiciable dans les secteurs d'aléa modéré que dans les secteurs d'aléa fort ; ▪ de la classe de vulnérabilité : si l'augmentation de population est accompagnée d'une réduction de vulnérabilité de la population accueillie (passage d'une école, d'un lieu de sommeil ou d'un logement à une activité par exemple).

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
Axe 1 Augmenter la sécurité des personnes (suite)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la présence humaine sous la cote de référence ?	Population directement exposée (sous la cote de référence) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ nombre de logements, d'hébergements ; ▪ nombre de salariés / d'entreprises ; ▪ nombre d'ERP ; ▪ etc. 	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> ▪ si le nombre d'hébergements, de logements, ou de manière plus générale de locaux de sommeil, sous la cote de référence augmente ➔ Noir. 	<p>Dans le cas de grandes opérations de créations de logements, la population en zone inondable peut augmenter dans des proportions limitées : cela nécessite d'être accompagné d'une diminution drastique de la population directement exposée (sous la cote de référence).</p> <p>Si des salariés restent directement exposés en situation projet, il convient de préciser pourquoi, et le cas échéant, les mesures de prévention et de sauvegarde mises en œuvres pour assurer leur sécurité : information, mesures d'évacuation ou de maintien sur place dans zones refuges accessibles, etc.</p> <p>S'il reste des locaux d'activités ou des ERP sous les PHE : disposent-ils tous d'espaces refuges ? Les stocks et produits dangereux sont-ils situés au-dessus de les PHE ?</p> <p>Pour les activités économiques, si une partie des activités ne peut pas être placée au-dessus de la cote de référence (contrainte technique ou d'exploitation), le projet prend des mesures d'adaptation et place au-dessus de la cote de référence les autres usages du site (ex : bureaux, stockage, etc.).</p>
	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la surface de planchers sous la cote de référence ?	Surface de plancher « directement exposée ».	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> ▪ si le projet conduit à une augmentation des surfaces de plancher « directement exposées » ➔ Noir ou rouge. 	<p>Lorsque la configuration après projet comprend encore des surfaces de plancher directement exposées, il est utile de préciser :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ leurs natures ; ▪ si elles sont équipées de systèmes d'obturation (batardeaux, clapets anti-retour, etc.). <p>L'augmentation de surface de plancher sous la cote de référence peut être envisageable uniquement pour la création d'une activité (autre qu'ERP), pour laquelle l'impossibilité technique de surélévation est dûment justifiée et à condition de démontrer la réduction globale de vulnérabilité.</p>

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
Axe 1 Augmenter la sécurité des personnes (suite)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité d'usage des bâtiments du secteur ?	Nombre et surface des bâtiments par classe de vulnérabilité.	Exemple : ▪ si les changements de destination se font vers des classes plus vulnérables ➔ Noir .	L'évolution de la vulnérabilité peut être hétérogène (augmentation de la vulnérabilité pour certains bâtiments, diminution pour d'autres) : au-delà de la comparaison quantitative par classe, il peut être utile de mener une analyse qualitative globale. Une augmentation globale des classes de vulnérabilité n'est pas rédhibitoire. Elle doit toutefois rester limitée et est à justifier (par exemple résorption de friche, transfert vers des zones moins exposées des enjeux les plus sensibles, réduction des aléas par une meilleure gestion des écoulements, etc.).
	Est-ce que le projet améliore la résistance des bâtiments aux contraintes hydrodynamiques et hydrostatique ?	Nombre de bâtiments dont la capacité de résistance des murs, de la structure et des fondations au regard du niveau d'aléa rencontré n'est pas attestée.	Exemple : ▪ si la résistance d'un seul bâtiment diminue ➔ Noir (sauf cas particulier).	La question de la capacité à résister ne concerne pas uniquement les bâtiments qui abritent des enjeux sous les PHE. Elle se pose pour tous les bâtiments, y compris ceux pour lesquels les enjeux sont hors d'eau. Dans l'hypothèse où des bâtiments fragiles perdurent dans l'état « après-projet », il est nécessaire de justifier de l'impossibilité de les consolider ou de les démolir/reconstruire, et le cas échéant, préciser les mesures de prévention prévues. Toute construction nouvelle réalisée dans le cadre du projet doit résister à l'aléa de référence.
	Est-ce que le projet conduit à une diminution des risques liés à la submersion de sous-sols ?	Nombre de places de stationnement en sous-sol.	Exemple : ▪ si le nombre de places de stationnement en sous-sol augmente ➔ Noir ou rouge .	Ce critère est à moduler en fonction de la nature et du niveau de l'aléa, et éventuellement de la nature des bâtiments concernés (orientation des ouvertures au regard du sens des écoulements, surélévation hors d'eau des entrées, etc.). Il est possible d'élargir ce critère à d'autres types d'usages en sous-sol (caves, etc.).

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
Axe 2 Réduire le coût des dommages	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la surface totale de planchers en zone inondable (indépendamment de la surface de plancher sous la cote de référence) ?	Surface de plancher en zone inondable.	Exemple : ▪ si le projet conduit à une augmentation limitée des surfaces de plancher en zone inondable ➔ Rouge .	
	Le réagencement des bâtiments et l'aménagement des espaces extérieurs permettent-ils l'organisation des écoulements pour limiter les impacts sur les enjeux au sein du périmètre du projet ?	Existence d'une stratégie de gestion des écoulements basée sur une analyse hydraulique (oui / non). Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement au niveau du projet et de ses alentours en cas de survenue de l'évènement de référence.	Exemple : ▪ si le projet conduit à aggraver localement les écoulements (accélération des vitesses et augmentation des hauteurs d'eau) ➔ Noir ou rouge .	L'analyse peut par exemple reposer sur les résultats d'une étude hydraulique menée pour analyser les impacts hydrauliques de l'opération d'ensemble. Une étude hydraulique n'est toutefois pas toujours indispensable, par exemple pour un projet qui réduirait de façon conséquente l'emprise au sol bâtie ou remblayée (cf. cases ci-dessous). Le caractère bloquant d'une aggravation des écoulements peut être nuancé au regard des enjeux sur le secteur concerné. Une stratégie visant à mettre en place des cheminements d'écoulements préférentiels à moindre dommage peut par exemple être pertinente.
	Aux alentours du périmètre projet (amont / aval / voisinage) ?	Emprise au sol bâtie en zone inondable (m ²). Emprise au sol des remblais en zone inondable (m ²).	Exemple : ▪ si le projet conduit à une augmentation de ces emprises ➔ Orange ou rouge .	Une stratégie de réduction du volume des terrains remblayés peut par exemple contribuer à une amélioration des conditions d'écoulement.
	Est-ce que le réagencement des bâtiments conduit à déplacer des enjeux vers des zones moins exposées ?	Emprise au sol bâtie en zone d'aléa fort ou très fort (m ²).	Exemple : ▪ si le projet a pour conséquence un déplacement global des enjeux vers des zones plus exposées ➔ Noir (ou rouge).	
		Emprise au sol bâtie en zone d'aléa faible ou modéré (m ²).		

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
Axe 2 Réduire le coût des dommages (suite)	Est-ce que le projet conduit à une amélioration de la gestion des stationnements extérieurs en zone inondable ?	Nombre de places de stationnement extérieur en zone inondable.		L'analyse peut être nuancée en fonction des niveaux d'aléa.
		Nombre de places de stationnement extérieur pour lesquelles une évacuation préventive est envisageable.		
		Nombre et nature de dispositifs d'anti-empalement de véhicules ?		
	Est-ce que le projet diminue l'exposition des équipements sensibles, susceptibles d'être endommagés par l'eau (par exemple en en mettant une partie hors d'eau) ?	Nombre d'équipements sensibles sous la cote de référence.	Exemple : ▪ si le projet ne conduit pas à une diminution du nombre d'équipements sensibles ➡ Orange .	
Est-ce que le projet conduit à une augmentation des risques liés au mobilier urbain ?	Description et nombre des éléments de mobiliers urbains susceptibles d'être emportés ou détruits.			

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
Axe 3 Raccourcir le délai de retour à la normale	<p>À l'échelle de l'opération :</p> <p>Amélioration de la résilience des réseaux ?</p> <p>Continuité de leur fonctionnement pendant l'inondation ?</p> <p>Ou, à défaut, amélioration du temps de retour à la normale ?</p>	<p>Nombre de personnes susceptibles d'être privées d'eau potable.</p> <p>Nombre de personnes susceptibles d'être privées d'assainissement.</p> <p>Nombre de personnes susceptibles d'être privées d'électricité.</p> <p>Nombre de personnes susceptibles d'être privées de gaz.</p> <p>Nombre de personnes susceptibles d'être privées de communication.</p> <p>Nombre de personnes susceptibles d'être privées de chaleur.</p>	<p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Si un de ces indicateurs augmente ➔ Rouge. 	<p>Au-delà du nombre de personnes susceptibles d'être privées de l'accès aux réseaux pendant la crue, il est attendu que le porteur de projet décrive les facteurs de vulnérabilité de chacun d'entre eux.</p> <p>Lorsque des actions ont été menées en lien avec les gestionnaires de réseaux, il convient de les indiquer.</p> <p>Lorsqu'il est anticipé que les réseaux cessent de fonctionner pendant la crue, préciser :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ si le projet prévoit des organisations substitutives ; ▪ les conditions permettant un retour à la normale le plus rapide possible. ▪ les mesures pour limiter les dommages pouvant être induits par les réseaux (dispositifs de coupure, clapets anti-retours, etc.).
	<p>Est-ce que les parties terminales des réseaux (au sein des bâtiments) sont prévues pour rester fonctionnelles en cas d'inondation ?</p>			
	<p>Les matériaux et équipements sensibles en dessous de la cote de référence sont-ils peu sensibles, protégés ou facilement remplaçables ?</p>	<p>Surface de planchers sous la cote de référence constitués de matériaux non adaptés à une inondation.</p>	<p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ si absence de diminution ➔ Orange. 	

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
	Le projet améliore-t-il les dispositifs de gestion de crise ?	Existence d'un protocole de gestion de crise du secteur, en lien avec le P(I)CS.		
	Est-ce que le projet conduit à une amélioration des zones refuge et de leurs accès ?	Nombre de logements, ou de lieux avec une occupation humaine permanente, sous la cote d'eau de référence sans accès sécurisé à une zone refuge.	Exemple : ▪ si non à l'état projet ➔ Rouge .	En situation après projet, il ne doit pas rester de logements, ou de lieux avec une occupation humaine permanente, sous la cote de référence sans accès sécurisé à une zone refuge.
Axe 4 Contribuer à la gestion de crise (autonomie des habitants, accès et évacuation, gestion des établissements sensibles)	Est-ce que le projet conduit à la mise en place de cheminements hors d'eau permettant de rallier des secteurs non inondables afin d'évacuer la zone ?	Nombre de bâtiments ayant un accès hors d'eau à un secteur non-inondé.		
	Est-ce que le projet intègre une réflexion sur le maintien sur place des populations en cas de crue ?	Existence d'une stratégie de maintien sur place opérationnelle.		L'absence de stratégie de maintien n'est pas forcément rédhibitoire.
	Est-ce que le projet conduit à une diminution du nombre d'établissements sensibles ou stratégiques en zone inondable ?	Nombre d'établissements sensibles ou stratégiques dans le périmètre de l'opération.	Exemple : ▪ si absence de diminution forte (voir absence de suppression totale) ➔ Noir .	

Les axes d'évaluation de la vulnérabilité	Questions à se poser	Exemples d'indicateurs permettant de comparer la situation initiale et la situation après projet (ou à défaut de sujets à investiguer)	Est-ce que le projet conduit à une diminution de la vulnérabilité sur ce point ? Vert = amélioration. Orange = <i>statu quo</i> . Rouge = dégradation limitée (nécessite des justifications et des compensations). Noir = dégradation trop forte, point rédhibitoire.	Commentaires
Axe 5 Réduire les conséquences pour l'environnement	Est-ce que le projet conduit à une diminution des conséquences négatives sur l'environnement en cas d'inondation ?	Volumen et nature de matériaux polluants stockés et susceptibles d'être emportés.	Exemple : ▪ si absence de diminution ➔ Noir .	Si des produits/matériels dangereux perdurent en état projet, il convient de justifier de l'impossibilité de traitement et de préciser les mesures d'accompagnement prévues.
		Nombre d'installations susceptibles de déverser des produits polluants.	Exemple : ▪ si absence de diminution ➔ Noir .	
Axe 6 Partager la culture du risque	Est-ce que le projet conduit à une amélioration de la sensibilisation au risque ?	Nombre de repères de crues ou de matérialisation de la zone inondable et des hauteurs d'eau potentielles.		Actions mises en œuvre en coordination avec la commune dans le cadre de son plan communal (ou intercommunal) de sauvegarde.
		Nombre et nature des moyens de communication (panneaux d'information, etc.) permettant d'informer la population sur les phénomènes d'inondation.		
		Nombre et nature de démarches visant à améliorer les préparations individuelle et collective à la crise (livret d'accueil des nouveaux arrivants, etc.).		

Tableau 14 : proposition de grille pour l'évaluation de la réduction de vulnérabilité.

7.5. Les géostandards relatifs aux risques

Les cartes élaborées dans le cadre d'un PPRi sont structurées au sein de systèmes d'information géographique (SIG), dont l'utilisation facilite leur recueil, leur traitement, leur représentation et les exploitations ultérieures.

La directive européenne « INSPIRE » 2007/2/CE du 14 mars 2007, transposée en droit français dans le code de l'environnement (articles L. 127-1 à L. 127-10 du code de l'environnement) s'applique au domaine des risques naturels. Elle impose notamment de créer des métadonnées (description des données), de rendre les données consultables et de permettre leur échange entre les autorités publiques intervenant dans le domaine de l'environnement.

Afin de respecter ces contraintes, de faciliter l'interopérabilité des données, d'homogénéiser les pratiques, de valoriser les cartes dans les bases de données nationales et d'aider les services, le géostandard Risques défini par le Conseil national de l'information géographique (CNIG) précise des spécifications techniques et organisationnelles de structuration et de stockage au format numérique des données géographiques des PPRn. Cela concerne principalement une nomenclature à respecter pour le nommage et la structuration des tables géographiques (nom et nature des champs à renseigner notamment).

Le géostandard Risque est en refonte en 2023 par le CNIG. Le géostandard PPR validé par la COVADIS (Commission de validation des données pour l'information spatialisée) reste applicable tant que le nouveau standard n'est pas finalisé, ce qui est le cas à la date d'élaboration du présent guide.

Il est notamment nécessaire de porter une grande attention à la constitution des couches SIG du zonage. En effet, des données comportant des erreurs de géométrie ou de conception ne peuvent pas être versées dans des bases de données régionales ou nationales (Gaspar, GéoRisques, etc.) utilisées pour des analyses ultérieures. Il faut par exemple être vigilant à :

- représenter chaque zone par un polygone fermé ;
- ne pas créer de recouvrement ou de vide entre les différentes zones ;
- veiller à la bonne géométrie des polygones.

7.6. Les notions fréquemment utilisées dans les règlements de PPRi

7.6.1. La hauteur par rapport au terrain naturel

Les règlements de PPRi peuvent s'appuyer sur la notion de « hauteur par rapport au terrain naturel »²³⁸. Cette notion, simple dans beaucoup de cas, mérite d'être explicitée pour les cas complexes.

Les irrégularités locales de la topographie ne sont pas forcément prises en compte si elles peuvent facilement être comblées ou effacées par les écoulements. Dans le cas de petits talwegs ou de petites cuvettes, la cote du terrain naturel est à considérer comme la cote des terrains environnants, conformément au schéma ci-après :

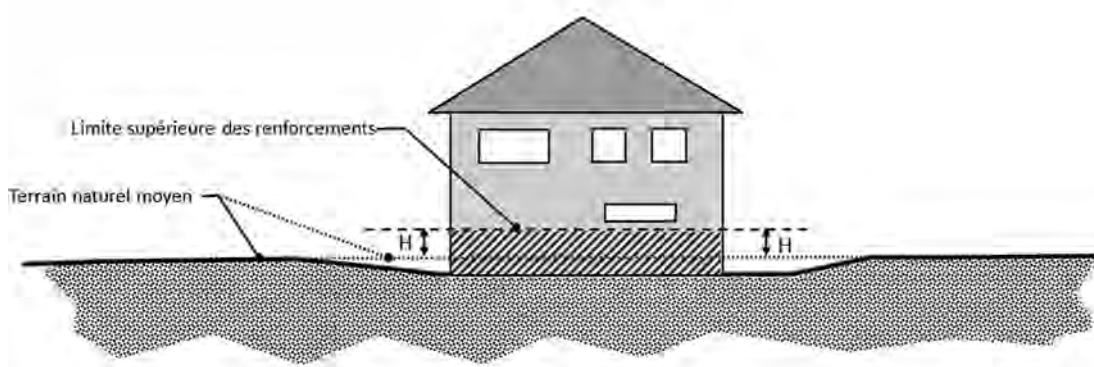


Illustration 43 : schéma permettant de déterminer la limite supérieure des renforcements et/ou des surélévations de plancher, en cas de petits talwegs ou petites cuvettes.

²³⁸. Il convient toutefois de privilégier dans le règlement la notion de cote d'eau (en mètre NGF) à celle de hauteur d'eau, moins pratique.

En cas de terrassements en déblai, la hauteur doit être mesurée par rapport au terrain naturel initial.

En cas de terrassements en remblais, ceux-ci ne peuvent remplacer le renforcement des façades exposées que s'ils sont attenants à la construction et s'ils ont été spécifiquement conçus pour cela. Dans le cas général, la hauteur à renforcer et les ouvertures éventuelles seront mesurées depuis le sommet des remblais.

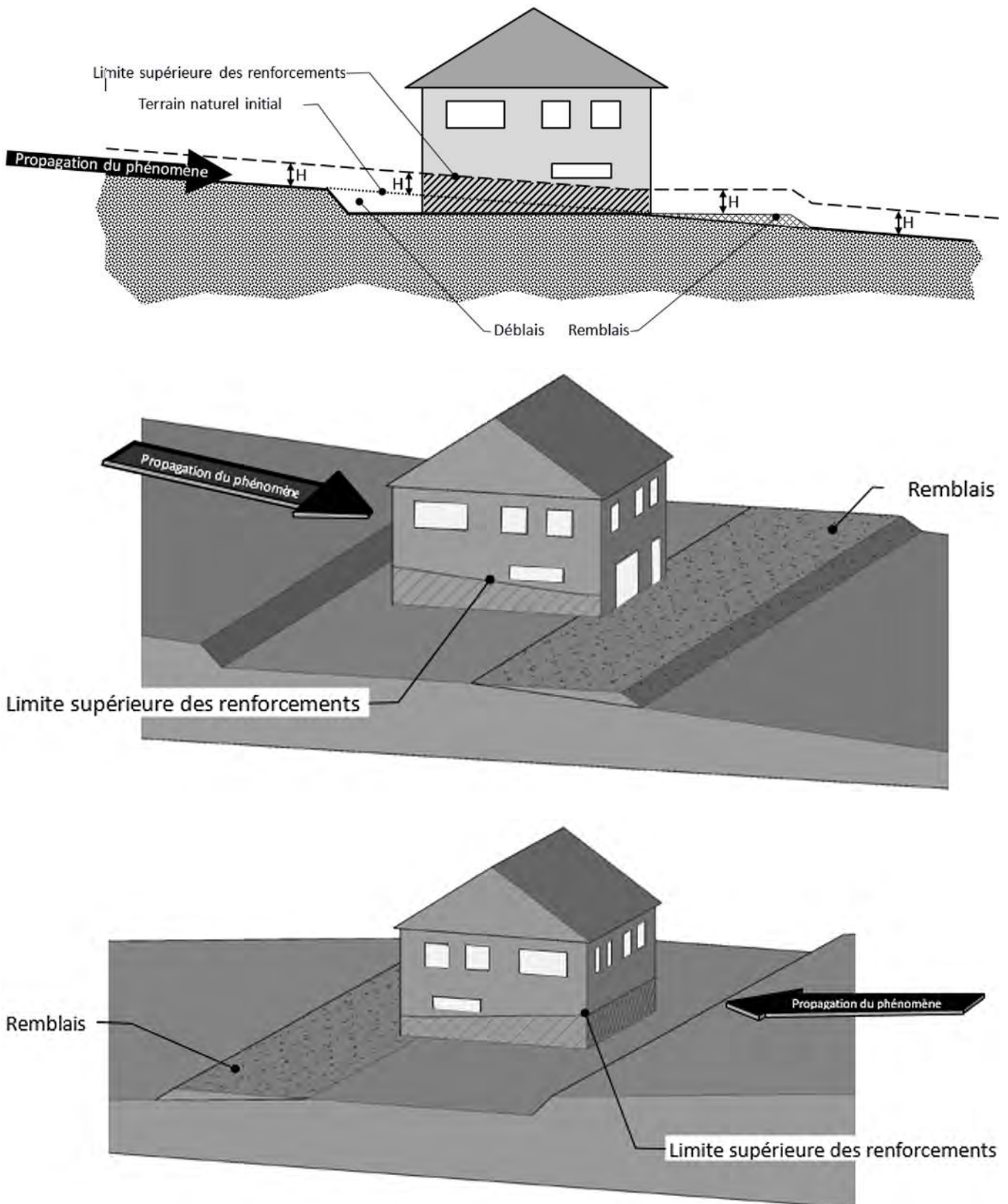


Illustration 44 : schémas permettant de déterminer la limite supérieure des renforcements, en cas de terrassements en déblais ou remblais.

7.6.2. Les niveaux de fondation

Les règlements de PPRi peuvent définir une profondeur minimale des fondations (P), par exemple dans les secteurs en bande de précaution. C'est une profondeur à mesurer, conformément au schéma ci-dessous :

- depuis le niveau du terrain naturel lorsqu'il n'a pas été remanié ;
- depuis le niveau final en cas de terrains décaissés (déblais) ;
- depuis le niveau du terrain naturel initial en cas de remblais.

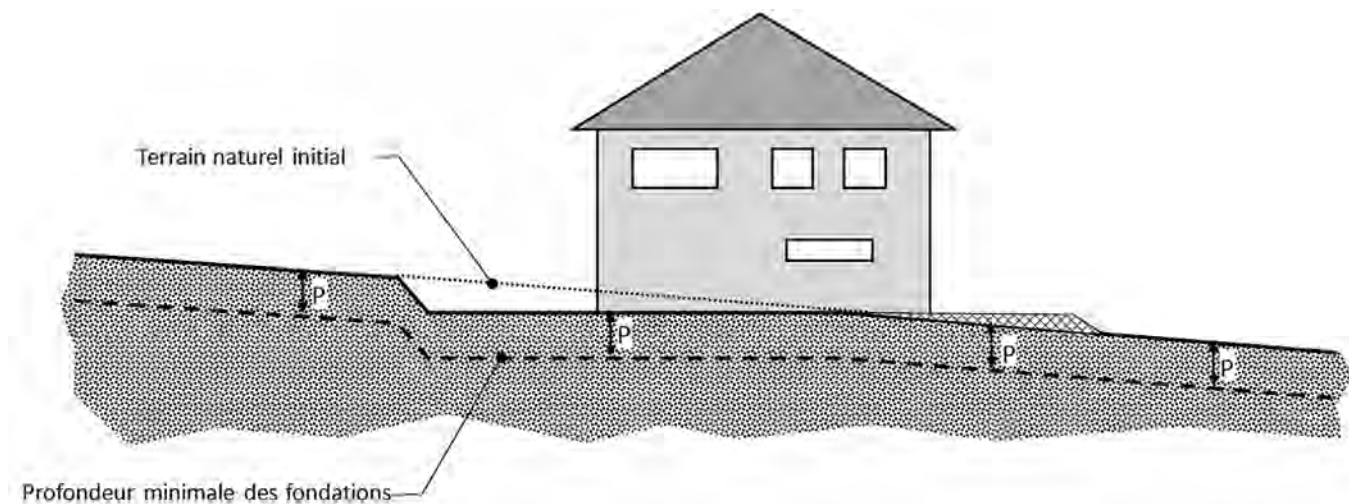


Illustration 45 : profil en long schématique représentant la manière de déterminer la profondeur minimale de fondation (P).

Pour chaque projet, le pétitionnaire définit le niveau réel de fondation :

- pour atteindre, au moins, la profondeur minimale de fondation (P) définie ici ;
- en tenant compte des autres règles de l'art concernant les fondations (données et études géotechniques, mise hors gel, prévention des aléas de retrait-gonflement des argiles, etc.).

7.7. Glossaire

AFFOUILLEMENT : action de creusement du sol par les eaux. Ce creusement peut être local, à la suite de la concentration et de l'accélération des écoulements, en général au voisinage d'un obstacle (rive, pile de pont, bâtiment...), ou généralisé en conséquence d'un dépavage du lit ou d'un déficit relatif de la charge sédimentaire par rapport au débit liquide, entraînant une reprise d'érosion.

ASSOCIATION DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES : démarche de l'État invitant les collectivités territoriales, aux organismes et aux personnes concernés par le projet de PPRn à contribuer aux réflexions, de réagir aux propositions du service instructeur tout au long de la procédure. L'objectif est d'aboutir à un document partagé, même si l'État reste responsable de son élaboration et de son contenu final.

ALÉA : phénomène, naturel ou technologique, de nature aléatoire, caractérisé par sa probabilité d'occurrence et son intensité. Pour les inondations hors cours d'eau torrentiels, plusieurs niveaux d'aléa sont distingués en fonction des intensités associées aux principaux paramètres physiques de l'inondation de référence : hauteurs d'eau et dynamiques (vitesses d'écoulement et vitesse de montées des eaux).

AMORTISSEMENT DU DÉBIT DE CRUE : diminution du débit de pointe de la crue et étalement du débit dans le temps, par effet de stockage puis déstockage dans un réservoir ou dans une zone d'expansion de crue.

ALLUVIONNEMENTS, DÉPÔTS ALLUVIAUX : dépôts de sédiments transportés par le cours d'eau.

BASSIN DE VIE : le bassin de vie est le plus petit territoire sur lequel les habitants ont accès aux équipements et services les plus courants (définition de l'INSEE). C'est généralement un périmètre adapté pour concevoir les stratégies d'aménagement d'un territoire. En pratique, les bassins de vie couvrent un territoire multi-communal ayant le même bassin d'emploi et où les habitants ont accès aux équipements et services les plus courants.

BASSIN HYDROGRAPHIQUE : zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de rivières, fleuves et éventuellement de lacs vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta (définition de la directive Inondation). Un bassin hydrographique peut également être un bassin versant de grande taille ayant pour exutoire la mer ou l'océan, ou le territoire administratif de gestion de l'eau à cette échelle. En France, 11 bassins hydrographiques sont usuellement considérés : six en France métropolitaine (Rhine-Meuse, Artois-Picardie, Seine-Normandie, Loire-Bretagne, Adour-Garonne et Rhône-Méditerranée-Corse), et cinq en outre-mer (Guyane, Guadeloupe, Martinique, La Réunion et Mayotte).

BASSIN VERSANT : un bassin versant est une zone géographique dans laquelle les eaux collectées circulent naturellement vers un point de convergence commun, appelé exutoire (cours d'eau, lac, mer, océan, etc.). À l'amont, le bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux, qui correspondent généralement à des lignes de crête. (Dans quelques cas particuliers, comme les terrains karstiques dans lesquels la circulation interne de l'eau est complexe, la topographie seule peut ne pas suffire à déterminer la ligne de partage des eaux).

BATHYMÉTRIE : description du relief sous les surfaces en eau, équivalent immergé de la topographie.

BÂTI ADAPTÉ : bâti construit selon des dispositions renforcées par rapport aux règles de l'art habituelles afin de s'adapter au contexte d'inondation (surélévation du plancher, renforcement de la structure, protection des fondations contre l'affouillement, dispositifs permettant de lutter contre la pénétration de l'eau, etc.).

BÂTI STANDARD : bâti réalisé selon les règles de l'art habituelles en zone non exposée, sans protection particulière.

BIEF : portion d'un cours d'eau ou d'un canal entre deux points singuliers de l'écoulement (chutes, écluses, etc.)

CAPACITÉ HYDRAULIQUE : caractéristique d'une section d'écoulement d'un cours d'eau, exprimant le débit liquide maximum qui peut s'écouler dans cette section avant débordement. La capacité du lit mineur est généralement limitée à des débits de crues de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans.

CENTRE URBAIN : les centres urbains se caractérisent par une occupation du sol importante, une continuité bâtie et une mixité des usages entre logements, commerces et services. Il s'agit de zones denses dans lesquelles il reste peu de zones non construites et où, en conséquence, les constructions nouvelles n'augmenteront pas de manière substantielle les enjeux exposés. De surcroît, le caractère historique de la zone peut être un élément d'éclairage.

CHARGE (MISE EN) : un ouvrage est dit « mis en charge » lorsqu'il est soumis à des pressions différentes de l'eau sur chacun de ses côtés. Cette configuration se retrouve classiquement durant une crue lorsque la cote d'eau dans le lit mineur est supérieure à l'altitude du terrain naturel à l'arrière de l'ouvrage. La différence entre ces deux altitudes est la hauteur de mise en charge.

CONCOMITANCE : coïncidence temporelle entre plusieurs événements. Deux événements sont concomitants lorsqu'ils se produisent simultanément (ou dans une période très proche).

CONSTRUCTION NOUVELLE : construction d'un nouveau bâtiment. Dans le cadre des PPRi, cette définition exclut notamment les extensions de bâtiments existants, les projets de centrales photovoltaïques au sol et les reconstructions après sinistre. Une opération de renouvellement urbain (démolition/ reconstruction) implique une construction nouvelle.

CONSULTATION : la consultation est une demande formalisée d'avis. Le processus d'élaboration des PPR prévoit, préalablement à l'enquête publique, une consultation des organismes et des personnes publiques concernés par le PPR (article R. 562-7 du code de l'environnement).

COTE DE RÉFÉRENCE : (dans les PPRi) altitude retenue pour régler les surélévations (de plancher, d'ouverture, d'équipements sensibles, etc.). Elle correspond généralement au niveau maximal des eaux pour l'évènement de référence majoré d'une revanche de sécurité. Il est recommandé de l'exprimer en mètres NGF.

COURBE DE TARAGE : ce terme est utilisé de manière spécifique en hydrométrie des cours d'eau pour désigner la courbe qui relie le débit (Q) à la hauteur d'eau (h) dans une section donnée : $Q=f(h)$. Les courbes de tarage sont établies à partir de mesures de débit faites sur une section de contrôle (opération dite de jaugeage).

CRUE : augmentation significative et temporaire du débit d'un cours d'eau. Le débit est généralement conditionné par les précipitations, mais également par l'état du bassin versant et les caractéristiques du cours d'eau. En fonction de l'importance des débits, la crue peut être contenue dans le lit mineur du cours d'eau, ou déborder dans son lit majeur. Lorsque les eaux sortent du lit mineur, on parle d'inondation.

CRUE CENTENNALE : une crue centennale est une crue dont la magnitude (généralement estimée via le débit de pointe pour les crues fluviales) a une probabilité de 1 % d'être atteinte ou dépassée chaque année. Il est possible de ne pas observer de crue centennale pendant plusieurs siècles ou de les voir se succéder dans un laps de temps réduit.

CRUE SOUDAINE : crue dont le temps de concentration est court (usuellement, en dessous de 6 heures).

DÉBIT LIQUIDE/DÉBIT SOLIDE : flux liquide/solide traversant une section d'écoulement donnée par unité de temps (exprimé généralement en m^3/s , quelquefois en kg/s).

DÉBIT DE POINTE : débit maximum enregistré lors de la crue en un point, généralement exprimé en mètres cubes par seconde (m^3/s). Le débit de pointe est couramment utilisé pour caractériser la magnitude d'une crue fluviale et estimer sa période de retour.

DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU : sortie des eaux du lit mineur consécutive à la propagation d'un débit supérieur à sa capacité.

DENTS CREUSES : espaces résiduels, de taille limitée, entre deux bâtis existants (selon la définition de l'article R 562-11-6 du code de l'environnement). En pratique, il s'agit de petits espaces non construits entourés, au moins partiellement, d'espaces bâtis.

EMBÂCLE : accumulation de matériaux transportés par les flots (végétation, rochers, véhicules automobiles, etc.) bloqués en amont d'un ouvrage (pont) ou dans des parties resserrées d'une vallée (gorges étroites).

EAU MOBILISABLE : il peut s'agir de la fonte de neiges ou de glaces au moment d'un redoux, associée ou non à des pluies.

ESTRAN : partie du littoral périodiquement recouverte par les marées.

FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE : modalités d'écoulements des eaux sur le bassin versant, notamment au regard du relief, du réseau hydrographique, et du comportement en crue (zones de débordement, nature des écoulements dans les zones inondables, etc.).

GÉOMORPHOLOGIE : science qui étudie les formes de relief, les formations associées, leur évolution, les mécanismes – d'origine interne ou externe – qui les façonnent et les facteurs qui les contrôlent.

HAUTEUR DE BERGE : différence entre l'altitude de la crête de berge et l'altitude du fond du lit mineur.

HAUTEUR DE MISE EN CHARGE D'UN OUVRAGE : différence d'altitude entre la cote d'eau maximale dans le lit mineur et l'altitude du terrain naturel à l'arrière de l'ouvrage.

HYDRAULIQUE : science de la mécanique des écoulements. En matière d'inondation, l'hydraulique vise à déterminer les conditions d'écoulements des eaux en cas de crue (débit, hauteur, vitesse, etc.).

HYDROGÉOMORPHOLOGIE : approche qui analyse les conditions naturelles et anthropiques d'écoulement des eaux dans un bassin versant en étudiant la structure des vallées. Cette approche consiste à analyser les différentes unités dites « hydrogéomorphologiques » des vallées, constituées des différents lits que la rivière a façonnés dans le fond de vallée au fil des siècles, au fur et à mesure des crues successives.

HYDROGRAMME : courbe d'évolution du débit en fonction du temps en un point donné d'un cours d'eau. Pour l'élaboration d'un PPRi, on s'intéresse aux hydrogrammes de crue.

HYDROGRAMME DE CRUE : courbe d'évolution du débit d'un cours d'eau en fonction du temps, pendant une crue, en un point donné.

HYDROLOGIE : science naturelle qui se rapporte à toute action, étude ou recherche sur le cycle de l'eau et ses propriétés. Son étude concerne les océans, les eaux de surface, mais aussi les nappes phréatiques.

INONDATION : submersion temporaire, rapide ou lente, de zones habituellement hors d'eau.

INONDATION ESTUARIEENNE OU EN ZONE FLUVIO-DELTAÏQUES : 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 élevé bloquant ou ralentissant l'évacuation de la crue. Le niveau de cette submersion suit alors les fluctuations des marées et de la crue fluviale.

INONDATION PAR DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU (FLUVIALE) : recouvrement d'eau faisant suite à une crue qui déborde du lit mineur ou qui afflue dans les talwegs ou les dépressions du lit moyen ou majeur. Elle dure de quelques heures à quelques jours en fonction de la durée de la crue et du ressuyage.

INONDATION PAR REMONTÉE DE NAPPE PHRÉATIQUE : des pluies abondantes et prolongées peuvent recharger la nappe phréatique au point de la faire monter jusqu'à la surface du sol et déborder dans les points les plus bas ce qui entraîne des inondations. La lenteur de la propagation de l'eau dans le sous-sol peut conduire à un décalage temporel important par rapport aux précipitations (quelques jours à quelques mois) et à une durée considérable de l'inondation (quelques semaines, voire quelques mois). Les inondations par remontées naturelles de nappes 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. 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. Ces inondations lentes présentent peu de risque pour les personnes mais provoquent des dommages potentiellement importants à la voirie (effet de sous-pression), aux constructions et aux bâtiments et peuvent durer très longtemps.

INONDATION PAR RUISSELLEMENT URBAIN : elles sont dues à des écoulements sur des surfaces imperméabilisées de volumes d'eau ruisselés, qui ne sont pas absorbés par le réseau d'assainissement superficiel et souterrain, ni par les zones non imperméabilisées. Elles sont souvent la conséquence d'orages s'abattant sur des zones urbanisées ou à leur voisinage immédiat. Les bassins versants sont généralement de petite taille (moins de 10 km²), 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 est à l'origine de l'imperméabilisation des sols, qui accroît considérablement le ruissellement. Souvent, le rôle du réseau naturel de drainage superficiel est oublié en l'absence d'écoulement permanent. Les sections d'écoulement sont peu à peu réduites et les lits sont couverts au profit de constructions ou de voiries. Lors d'évènements pluvieux importants, l'eau peut retrouver son cheminement naturel de manière inattendue et dangereuse.

INONDATION DES COURS D'EAU TORRENTIELS : ce type d'inondation rapide résulte d'un débordement de cours d'eau à pente forte (supérieure à 1 %) présentant des écoulements chargés en matières solides (boues, pierres, rochers). Ces inondations génèrent des érosions et des accumulations massives de matériaux qui justifient une détermination spécifique des aléas et des prescriptions adaptées. Les laves torrentielles représentent l'une de leurs manifestations les plus dommageables. Un guide dédié à l'élaboration des PPRi des cours d'eau torrentiels a été publié par la DGPR en 2023.

INTENSITÉ (DANS LE CADRE DE CE GUIDE) : manifestation locale d'un évènement. L'intensité est évaluée au moyen de variables physiques mesurables décrivant localement l'évènement. Dans le cas des débordements de cours d'eau, ces paramètres peuvent être les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les vitesses de montée des eaux. L'intensité est décrite par des cartographies couvrant l'ensemble du territoire exposé et identifiant en tout point soit les valeurs associées à ces variables physiques, soit une « classe » (intensité faible, moyenne, forte, etc.) synthétisant les informations portées par ces variables. L'intensité varie également au cours du temps durant l'évènement ; la valeur maximale locale est alors souvent considérée. Cette notion permet d'appréhender les effets prévisibles sur les enjeux en cas d'atteinte et intervient dans la caractérisation des niveaux d'aléa.

LAMINAGE : le laminage (ou écrêtement) d'une crue est la transformation de l'onde de crue ayant pour effet de diminuer le débit maximal (débit de pointe) en répartissant dans le temps le volume d'eau transporté lors de la crue. Le laminage est la conséquence d'un stockage temporaire du volume de la crue, par exemple dans le lit majeur du cours d'eau (laminage naturel) ou dans la retenue d'un barrage (laminage artificiel). Il est déterminé par la différence de débit à l'entrée et à la sortie de la zone d'expansion de crue.

LIMNIGRAMME : courbe d'évolution de la hauteur d'eau en fonction du temps en un point donné d'un réseau ou d'un cours d'eau.

LIT MAJEUR : lit occupé par les crues provoquant des débordements du lit mineur (périodes de retour variant de 10 à plus de 1 000 ans). Dans des vallées escarpées, il peut correspondre à tout le fond de vallée jusqu'aux pieds de versants. En plaine ou dans les vallées larges, sa frontière est plus difficile à délimiter. Il est souvent couvert d'alluvions fines (limons et argiles) et colonisé par une formation végétale moins hygrophile (ripisylve).

LIT MINEUR : chenal principal d'un cours d'eau.

MODÉLISATION HYDRAULIQUE NUMÉRIQUE : quantification et spatialisation d'une crue pour une occurrence donnée par le biais d'outils numériques et basée sur la résolution, plus ou moins simplifiée, des équations fondamentales de l'hydraulique.

MORPHOGÈNE : une crue est dite morphogène lorsqu'elle provoque des changements importants de la topographie du lit de la rivière et des secteurs de débordement.

MAGNITUDE (DANS LE CADRE DE CE GUIDE) : ampleur / puissance globale d'un évènement. La magnitude est évaluée au moyen d'une variable physique mesurable ayant une importance prépondérante sur les conséquences de la crue. Elle est décrite par une valeur numérique unique à l'échelle de l'évènement (par exemple, le débit de pointe en un point de référence du cours d'eau principal).

MISE EN CHARGE : voir « charge ».

OPÉRATION DE RENOUVELLEMENT URBAIN : opérations destinées à requalifier et renouveler (via des démolitions/reconstructions) une zone déjà urbanisée, dans le but de « refaire la ville sur la ville ». Cette opération peut être de taille variable (de la parcelle au quartier) et peut couvrir tout type de zone urbanisée (habitations, commerces, industrie, activité économique, etc.).

PÉDOLOGIE : science qui étudie les sols et leur composition.

PÉRIODE DE RETOUR : intervalle de temps (généralement exprimé en années) séparant en moyenne sur une très longue période deux évènements dépassant une valeur seuil d'une variable caractéristique (classiquement le débit de pointe pour les crues). La période de retour est l'inverse de la probabilité d'occurrence de l'évènement au cours d'une année quelconque.

PLAIN-PIED : logement sans étage (et donc sans niveau refuge).

PLAINE ALLUVIALE : formation sédimentaire composée d'alluvions déposés par le cours d'eau et constitués de sables, graviers et galets, etc. Le lit majeur correspond souvent à l'extension de la plaine alluviale.

PLUVIOMÉTRIE : mesure des volumes de précipitation.

PROBABILITÉ D'OCCURRENCE D'UNE CRUE : inverse de la période de retour d'une crue. Elle est estimée statistiquement comme le ratio entre « le nombre d'évènements dépassant le niveau de la crue survenus durant une certaine durée » et « cette durée », sous réserve que celle-ci soit suffisamment longue.

PROFIL EN LONG : évolution de l'altitude du fond d'un chenal en fonction de l'abscisse longitudinale de ce dernier.

PROFIL EN TRAVERS : évolution de l'altitude de la section du chenal dans un plan perpendiculaire à l'axe principal d'écoulement.

PROJET : dans ce guide, la notion de projet porte par défaut sur tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle (afin d'intégrer l'ensemble des éléments définis à l'article L. 562-1 du code de l'environnement).

REFUGE (ZONE, ESPACE OU NIVEAU) : une zone refuge est un espace à l'intérieur du logement, situé au-dessus de la cote de référence, permettant la mise en sécurité des occupants pendant l'évènement. Sa création et son aménagement sont spécifiques à chaque bâtiment. Elle répond cependant aux critères suivants :

- elle est accessible depuis l'intérieur du logement dans des conditions défavorables : sans électricité, sans lumière, de nuit, et dans l'eau ;
- elle permet aux occupants de se signaler, et est accessible depuis l'extérieur par les secours ;
- elle permet aux occupants d'attendre en toute sécurité leur évacuation ou la fin de la crue ;
- la structure du bâtiment portant la zone refuge est en capacité de résister à l'aléa de référence.

RENOUVELLEMENT URBAIN : les opérations de renouvellement urbain sont des opérations destinées à requalifier et renouveler (*via* des démolitions / reconstructions) une zone déjà urbanisée, dans le but de « refaire la ville sur la ville ». Cette opération peut être de taille variable à l'échelle d'un quartier, d'un groupe de parcelles, voire, dans certains cas particuliers, d'une seule parcelle. Une opération de renouvellement urbain peut couvrir tout type de zone urbanisée : des bâtiments à usage d'habitation, des bâtiments publics, des bâtiments commerciaux, des bâtiments industriels (zones industrielles), des activités économiques, etc.

REPÈRES DE CRUES (HISTORIQUES) : témoignages placés ou gravés à la suite d'une crue (le plus souvent forte). Ils portent la date de l'évènement et le niveau atteint par les eaux. Ils sont matérialisés de diverses façons (repères normalisés, plaques, marques inscrites dans la pierre, voire traits de peinture). Les repères établis postérieurement au 16 mars 2005 doivent être conformes au modèle défini par un arrêté conjoint du ministre chargé de la prévention des risques majeurs et du ministre chargé de la sécurité civile (article R. 563-14 du code de l'environnement). Les zones exposées au risque d'inondation doivent comporter un nombre de repères de crues qui tient compte de la configuration des lieux, de la fréquence et de l'ampleur des inondations et de l'importance de la population fréquentant la zone (article R. 563-11 du code de l'environnement). Les repères de crues sont répartis sur l'ensemble du territoire de la commune exposée aux crues et sont visibles depuis la voie publique. Leur implantation s'effectue prioritairement dans les espaces publics, notamment aux principaux points d'accès des édifices publics fréquentés par la population (article R. 563-12 du code de l'environnement). 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. L'article R. 563-15 du code de l'environnement prévoit que la liste des repères de crues existant sur le territoire de la commune et l'indication de leur implantation sont incluses dans le document d'information communal sur les risques majeurs prévu à l'article R. 125-11 du code de l'environnement. Une plateforme nationale collaborative recense les repères sur le territoire national (site « repère de crues »).

RESSUYAGE : en hydrologie, ce terme est utilisé :

- pour désigner les écoulements, généralement très retardés, se produisant tout à la fin d'une crue ;
- par extension, pour parler de la fin de la vidange d'un ouvrage de stockage ou d'une zone d'expansion des crues.

RIVIÈRE TORRENTIELLE : type de cours d'eau torrentiel fréquent en fond de vallée. Elles présentent la caractéristique principale de divaguer et de générer des dommages par érosion de berge et de versant. Leur pente est toujours inférieure à 6 % et souvent supérieure à 1 %.

RISQUE : un risque est la conjugaison d'un aléa (résultant par exemple d'une inondation) et d'enjeux, plus ou moins vulnérables au regard de l'aléa.



Vulnérabilité d'un enjeu au regard d'un aléa : dommages de l'aléa sur l'enjeu

Illustration 46 : croisement des aléas et des enjeux.

RUISSELLEMENT : écoulement, surfacique (diffus), ou linéaire (concentré) concernant un territoire dont le bassin versant amont a un temps de réponse court (usuellement, quelques heures).

SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE : le scénario de référence correspond à la description globale du type d'évènement dont le PPRi cherche à prévenir les conséquences. C'est une représentation, construite soit en s'appuyant sur un évènement historique bien documenté, soit à partir d'un évènement théorique de fréquence centennale. Il est généralement décrit par une période de retour, un débit de pointe de référence à une localisation donnée, des hydrogrammes de crue aux points d'intérêt du réseau, et parfois des paramètres secondaires.

SOUS-SCÉNARIO : un sous-scénario est une déclinaison possible du scénario de référence liée à la présence d'éléments anthropiques ou naturels. Dans le cadre d'un PPRi, plusieurs sous-scénarios sont définis et étudiés de manière à ce que le PPRi prenne en compte les différents modes de fonctionnement possibles des éléments anthropiques et naturels du territoire d'étude en cas de survenue du scénario de référence. Il s'agit par exemple de sous-scénarios de tenue et de défaillance d'ouvrages de protection, d'obstruction de pont ou de formation d'embâcles.

SERVICE DE PRÉVISION DES CRUES : service dont les agents (les prévisionnistes) surveillent les cours d'eau et réalisent des prévisions sur le territoire couvert par le SPC, conformément à leur règlement de surveillance, de prévision et de transmission de l'information sur les crues (RIC). Ils participent également aux évolutions majeures pilotées par le service central d'hydro-météorologie et d'appui à la prévision des inondations (Schapi) en termes de modélisation et d'amélioration des outils de prévision. Ces services sont, pour la plupart, rattachés aux directions régionales ou interrégionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL).

SUBSTRATUM : formation géologique sous-jacente à une couverture sédimentaire.

Sur-aléa : aléa résultant de la défaillance d'un élément naturel ou anthropique lors d'un évènement (par exemple, une rupture de digue) et dont le niveau est supérieur à celui de l'aléa que le même évènement aurait engendré en l'absence de cet élément naturel ou anthropique.

TALWEG : ligne qui relie les points les plus bas d'une vallée.

TEST DE SENSIBILITÉ : test dont l'objectif est d'évaluer dans quelle mesure des incertitudes relatives à des hypothèses se répercutent sur les résultats associés. Exemples : sensibilité des intensités au regard des estimations de débits, des choix de coefficients de rugosité ou des hypothèses sur la prise en compte d'embâcles. En pratique, plusieurs modélisations, correspondant aux différentes hypothèses, sont réalisées, et une comparaison des résultats est effectuée.

TEMPS DE CONCENTRATION (OU DURÉE CARACTÉRISTIQUE OU TEMPS DE RÉPONSE) D'UN BASSIN VERSANT : durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau ayant le plus long chemin hydraulique à parcourir parvienne jusqu'à l'exutoire. Il dépend notamment de la taille et de la forme du bassin versant, de la topographie et de l'occupation des sols.

TORRENT : type de cours d'eau torrentiel fréquent dans les zones de reliefs importants. Ses caractéristiques morphologiques usuelles sont un bassin versant ne dépassant pas quelques dizaines de km², des pentes souvent très fortes en partie supérieure (plusieurs dizaines de %) à fortes vers l'exutoire (au moins 1 à 2 % et souvent plus de 5 à 6 %) et des entités morphologiques typiques (le bassin de réception supérieur, le chenal d'écoulement en partie médiane et le cône de déjection à l'exutoire).

TRANSPARENCE HYDRAULIQUE : la transparence hydraulique est l'aptitude que possède un ouvrage, une construction ou un aménagement à ne pas faire obstacle aux mouvements des eaux. Un aménagement transparent n'amplifie pas le niveau des plus hautes eaux, ne réduit pas la zone d'expansion des crues, n'allonge pas la durée des inondations ou n'augmente pas leur étendue, ne génère pas de perturbation significative du régime hydraulique du cours d'eau et n'accélère pas les vitesses d'écoulement des eaux.

TRANSPORT SOLIDE : mise en mouvement et transport de matériaux solides par les écoulements. Les matériaux solides transportés peuvent être de tailles très variables (de la particule sédimentaire au bloc rocheux de plusieurs tonnes).

UNITÉ D'HYDROMÉTRIE : basées dans les D(R)EAL, ces unités sont chargées de l'installation et de l'entretien des dispositifs de mesure hydrométriques. Elles réalisent également les mesures directes de débits (jaugeages), critiquent les données et alimentent la banque de données sur l'eau (Hydroportail).

VULNÉRABILITÉ À L'INONDATION : la vulnérabilité d'un enjeu (personne, bien, activité, patrimoine, etc.) à l'inondation peut être définie comme la propension de cet enjeu à être affecté par une inondation. Elle dépend à la fois de l'exposition à l'aléa (et notamment de l'intensité de l'aléa au niveau de l'enjeu) et de la manière dont l'enjeu est adapté à l'inondation. La réduction de la vulnérabilité consiste à limiter cette exposition et à atténuer les effets d'une inondation via des mesures de prévention.

ZONES D'EXPANSION DES CRUES : secteurs peu ou pas urbanisés, inondables, pouvant stocker des volumes d'eau importants.

7.8. Liste des sigles et abréviations

ADS	application du droit des sols
AE	autorité environnementale
ARS	agence régionale de santé
AU	à urbaniser
AZI	atlas des zones inondables
BDHI	base de données historiques sur les inondations
BRGM	bureau de recherches géologiques et minières
CAA	cour administrative d'appel
CAR	comité de l'administration régionale
CCR	caisse centrale de réassurance
Cerema	centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CES	coefficient d'emprise au sol
CGDD	commissariat général au développement durable
CLE	commission locale de l'eau
CMI	commission mixte inondation
CNIG	Conseil national de l'information géographique
CNPF	Centre national de la propriété forestière
COVADIS	Commission de validation des données pour l'information spatialisée
CRPF	centre régional de la propriété forestière
CU	centre urbain
DICRIM	documents d'information communale sur les risques majeurs
DDRM	dossier départemental des risques majeurs
DDT(M)	direction départementale des territoires (et de la mer)
DEAL	direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DGALN	direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature
DGPR	direction générale de la prévention des risques
DGI	direction générale des impôts
DREAL	direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
EDD	étude des dangers
EDF	Électricité de France
EEA	Agence européenne pour l'environnement (European environment agency)
EPAGE	établissements publics d'aménagement et de gestion de l'eau
EPTB	établissement public territorial de bassin
EPCI	établissement public de coopération intercommunale
EPCI-FP	établissement public de coopération intercommunale à fiscalité propre

FPRNM	fonds de prévention des risques naturels majeurs (fonds « Barnier »)
GASPAR	gestion assistée des procédures administratives relatives aux risques naturels (application permettant de suivre différentes procédures, dont les PPR)
GEMAPI	compétence de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations
GIEC	groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IAL	informations de acquéreurs et des locataires
ICPE	installations classées pour la protection de l'environnement
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
IOTA	installations, ouvrages, travaux et activités
LIC	lignes iso-cotes
LIDAR	light detection and ranging
MASA	Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire
MNT	modèle numérique de terrain
MTECT	Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (anciennes dénominations : MATE, MEDAD, MEDD, MEDDE, MEDDTL, MEEM, METL, MTE, MTES)
NGF	nivellement général de la France
OAP	orientation d'aménagement et de programmation
ONF	Office national des forêts
PAC	porter à connaissance
PAPI	programme d'actions de prévention des inondations
PCA	plan de continuité d'activité
P(I)CS	plan (inter)communal de sauvegarde
PER	plan d'exposition au risque
PFMS	plan particulier de mise en sûreté
PGRI	plan de gestion des risques d'inondation
PHEC	plus hautes eaux connues
PLU(i)	plan local d'urbanisme (intercommunal)
PNR	parc naturel régional
PNACC	plan national d'adaptation au changement climatique
POA	personnes et organismes associés (à l'élaboration du projet de PPRn)
PPMS	plan particulier de mise en sécurité
PPRi	plan de prévention des risques d'inondation
PPRL	plan de prévention des risques littoraux
PPRn	plan de prévention des risques naturels (prévisibles)
PSS	plan de surfaces submersibles
RDI	référent départemental inondation

RGE	référentiel grande échelle
SAGE	schéma d'aménagement et de gestion des eaux
SDAGE	schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SAMU	service d'aide médicale urgente
SARL	société à responsabilité limitée
SCHAPI	service central d'hydro-météorologie et d'appui à la prévision des inondations
SIDPC	service interministériel de défense et de protection civiles
SIE	système d'information sur l'eau
SIG	système d'information géographique
SCoT	schéma de cohérence territoriale
SDIS	service départemental d'incendie et de secours
SLGRI	stratégie locale de gestion des risques d'inondation
SNGRI	stratégie nationale de gestion des risques d'inondation
SPC	service de prévision des crues
SRADDET	schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires
SRNH	service des risques naturels et hydrauliques (service de la DGPR)
SUP	servitude d'utilité publique
SYMBHI	syndicat mixte des bassins hydrauliques de l'Isère
TIM	transmissions des informations aux maires
TRACC	trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation
TRI	territoire à risque important d'inondation
U	urbanisé (zone de PLU(i))
UH	unité d'hydrométrie
ZAC	zone d'aménagement concerté
ZEC	zone d'expansion des crues
ZICH	zones inondées par classes de hauteurs d'eau
ZIP	zones inondées potentielles

7.9. Index des illustrations, figures et photographies

Illustration 1 : les différents types de cours d'eau.....	9
Illustration 2 : crue de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine en 1992 - Photo SDIS 84, source Cyprès.....	10
Illustration 3 : caserne des pompiers de Sommières le 9 septembre 2002 - Source : EPTB Vidourle.....	11
Illustration 4 : crue de la Seine à Paris, juin 2016 – Source : EPISEINE.....	12
Illustration 5 : les sept piliers de la prévention des risques (schéma d'après les éléments de la page 5 de la SNGRI).....	13
Illustration 6 : évolution du nombre de communes couvertes par un PPR traitant du risque d'inondation par débordement de cours d'eau, ou un dispositif assimilable (PSS, PER, arrêté R. 111-3), depuis 1980 (Source : MTECT, données GASPARG, décembre 2023).....	20
Illustration 7 : répartition géographique des communes couvertes par un PPR traitant un risque d'inondation par débordement de cours d'eau. (Source : MTECT, données GASPARG, septembre 2023).....	21
Illustration 8 : démarche générale d'élaboration d'un PPRi (hors procédure d'application anticipée).....	23
Illustration 9 : articulation générale entre les parties techniques d'un dossier de PPRi.....	25
Illustration 10 : articulation entre les principales étapes techniques et les principales étapes administratives.....	27
Illustration 11 : Lit mineur et lit majeur © MEDD – Dossier d'information inondations (2004).....	32
Illustration 12 : démarche générale de l'étude d'aléa.....	33
Illustration 13 : exemple d'hydrogramme de crue.....	46
Illustration 14 : exemple d'un cas de concomitance des évènements centennaux sur les deux sous bassins.....	47
Illustration 15 : exemple d'un cas où les évènements centennaux ne sont pas concomitants entre le cours d'eau principal et l'affluent.....	48
Illustration 16 : exemple d'un cas où les évènements centennaux ne sont pas concomitants entre le cours d'eau principal et l'affluent.....	48
Illustration 17 : les différentes origines de ruptures de digues (source : DGPR/SRNH, d'après schémas du Symbhi).....	52
Illustration 18 : rupture de la digue de La Mosson à Maurin (Hérault) en 2002, provoquant des fosses d'érosion et une dynamique très forte pouvant détruire des habitations à l'arrière de la digue (Source : DRE Languedoc-Roussillon).....	53
Illustration 19 : exemple de fosse d'érosion.....	53
Illustration 20 : création d'embâcles en amont d'un pont à Morlaix en juin 2018 (Source : Morlaix communauté).....	56
Illustration 21 : maillage d'un modèle 1D filaire entre la Vendage et Paulhac (43) (Source : Cerema).....	60

Illustration 22 : représentation du modèle 1D-casiers réalisé avec le plugin Mascaret autour de la commune de Chatillon-sur-Seine (21) (Source : Cerema).....	61
Illustration 23 : maillage d'une modélisation 2D de la confluence entre la Sumène et le Marilhou (15) (Source : Cerema).....	62
Illustration 24 : couplage 1D/2D latéral et longitudinal : modélisation de l'Angaud et du Ranquet sur la commune de Billom (63) (Source : Cerema).....	63
Illustration 25 : coupe transversale d'une vallée mettant en relation la plaine alluviale, les terrasses anciennes et les versants (d'après Masson et al., 1996).....	66
Illustration 26 : articulation entre les différentes méthodes de caractérisation de l'aléa.....	68
Illustration 27 : exemples d'inondations avec des hauteurs d'eau limitées à très importantes ; de gauche à droite : Bergerac en juin 2018 (Source : Mairie de Bergerac), Salies-de-Béarn en juin 2018 (Source : Cerema Sud-Ouest) et Rivière Salée en novembre 2015 (Source : DEAL Martinique).....	69
Illustration 28 : vitesses d'écoulement élevée à Salies-de-Béarn en juin 2018 (Source : « Sud-Ouest », Roselyne Montagut).....	69
Illustration 29 : possibilité de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement (source : direction départementale de l'équipement du Vaucluse, repris dans la note complémentaire PPR inondation – Ruissellement urbain, (MEDD, 2004)).....	72
Illustration 30 : bande de précaution à l'arrière d'un ouvrage (largeurs par défaut). Source : DGPR/SRNH.....	76
Illustration 31 : la largeur des bandes de précaution en fonction de la hauteur de mise en charge du système d'endiguement. Source : DGPR/SRNH.....	78
Illustration 32 : exemple d'extrait de carte d'aléa de référence (extrait du PPRi du Drac (Isère) approuvé en 2023 : niveau d'aléa (page entière), hauteurs (à gauche ; en bleu et vert : hauteurs faibles et moyennes ; en rouge et violet : hauteurs élevées et très élevées), vitesses d'écoulement (à droite ; en bleu et vert : vitesses d'écoulement faibles et moyennes ; en rouge et violet : vitesses d'écoulement élevées et très élevées).....	80-81
Illustration 33 : les niveaux d'urbanisation et les zones de bâti du PPRi de l'Écailin (59), et leurs étapes de définition.....	88-89
Illustration 34 : exemple de carte des enjeux du PPRi de la vallée de la Bièvre et du ru de Vauhallaan (91). (Source : DDT de l'Essonne).....	90
Illustration 35 : PPRi du Cher rural, extrait des cartes du zonage réglementaire...101	
Illustration 36 : extrait du zonage réglementaire du PPRi du Drac (38) sur la commune de Fontaine : la cote de référence est représentée ponctuellement selon un carroyage à maille constante.....	102
Illustration 37 : extrait de la carte des cotes C - PPRi Isère Amont (38).....	103
Illustration 38 : inondation d'un parking souterrain en Meurthe-et-Moselle (Grémillon, mai 2012). (Source : Cerema).....	112

Illustration 39 : travaux de réduction de la vulnérabilité des habitations individuelles. Source : référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant (MELT/MEDDE, 2012).....	120
Illustration 40 : exemple de mesures de réduction de vulnérabilité des entreprises (© DREAL Auvergne-Rhône-Alpes).....	121
Illustration 41 : les bassins hydrographiques français. Source : MTECT, Direction de l'eau.....	128
Illustration 42 : exemples indicatifs de niveaux d'aléa en fonction de hauteurs d'eau et de vitesses d'écoulement, pour différentes vitesses de montée des eaux. En haut : pour des vitesses de montée des eaux faibles. En bas : pour des vitesses de montée des eaux élevées.....	129
Illustration 43 : schéma permettant de déterminer la limite supérieure des renforcements et/ou des surélévations de plancher, en cas de petits talwegs ou petites cuvettes.....	139
Illustration 44 : schémas permettant de déterminer la limite supérieure des renforcements, en cas de terrassements en déblais ou remblais.....	140
Illustration 45 : profil en long schématique représentant la manière de déterminer la profondeur minimale de fondation (P).....	141
Illustration 46 : croisement des aléas et des enjeux.....	148

7.10. Index des tableaux

Tableau 1 : périmètre du guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation par débordement de cours d'eau.....	17
Tableau 2 : les caractéristiques des inondations (lentes/rapides).....	32
Tableau 3 : probabilité qu'une crue de fréquence donnée se produise ou soit dépassée au moins une fois sur une période donnée.....	43
Tableau 4 : comparaison des différents types de modèles numériques hydrauliques.....	64-65
Tableau 5 : niveaux indicatifs de dynamique en fonction des vitesses d'écoulement et des vitesses de montée des eaux.....	71
Tableau 6 : modalités de qualification des niveaux d'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau (pour deux niveaux de dynamique, cas général hors spécificités relatives aux ouvrages faisant obstacles à l'écoulement). (D'après l'arrêté du 5 juillet 2019).....	71
Tableau 7 : modalités de qualification des niveaux d'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau (pour trois niveaux de dynamique, cas général hors spécificités relatives aux ouvrages faisant obstacles à l'écoulement). (D'après l'arrêté du 5 juillet 2019).....	72
Tableau 8 : correspondance entre niveau d'aléa et dommages prévisibles sur des « enjeux-type ».....	73-74
Tableau 9 : exemple illustratif théorique d'analyse de l'exposition d'un territoire...	84
Tableau 10 : principes généraux de construction des zonages réglementaires en fonction du niveau d'aléa et du niveau d'urbanisation, définis à l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement.....	93
Tableau 11 : synthèse relative aux configurations éligibles aux exceptions sur demande de la collectivité et sous conditions, définies à l'article R. 562-11-6 du code de l'environnement.....	94
Tableau 12 : les principes de traduction réglementaire.....	98-99
Tableau 13 : liste de base de données pouvant être utiles pour l'analyse des enjeux.....	130
Tableau 14 : proposition de grille pour l'évaluation de la réduction de vulnérabilité.....	131-138

7.11. Bibliographie

- ✍ Bessière H., Brugeron A., Bourguine B., Papageorgiou E., Foumelis M. (2020) – Guide méthodologique pour l'établissement de cartes de sensibilité aux remontées de nappe à l'échelle locale. Rapport final. BRGM/RP-69653-FR, 199 p., 58 ill., 5 tabl. 7 ann.
- ✍ CCR, 2023. La prévention des catastrophes naturelles par le fonds de prévention des risques naturels majeurs, édition 2023, 60 p.
- ✍ CCR, 2020. Les catastrophes naturelles en France de 1982 à 2019 Bilan du régime d'indemnisation des risques de catastrophes naturelles depuis sa création en 1982, Juin 2020.
- ✍ CCR, 2019. Les catastrophes naturelles en France de 1982 à 2018 Bilan du régime d'indemnisation des risques de catastrophes naturelles depuis sa création en 1982, Juin 2019, 100 p.
- ✍ Cerema, 2016. Référentiel national de vulnérabilité aux inondations, DGPR, Cepri, juin 2016, 176 p.
- ✍ Cerema, mai 2017. Collecte d'informations sur le terrain suite à une inondation – Guide méthodologique, 69 p.
- ✍ Cerema, 2022. Opérations de renouvellement urbain avec réduction de vulnérabilité en zone inondable. Repères à l'attention des services de l'État et des collectivités territoriales. DGPR, 26 p.
- ✍ IGEDD, Pinauld, M-E., Torterotot, J-P., 2023, Circonstances des décès dus aux inondations, rapport n°014349-01.
- ✍ Chocat et Eurycide 92, 1997, Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, Paris, Technique et documentation-Lavoisier, 1124 p.
- ✍ CSTB, 2014, Impacts des inondations sur le cadre bâti et ses usagers, 46 p.
- ✍ Descamp, M., Maurin, J., 2008, Reconnaissance et caractérisation des brèches anciennes dans les digues de la Loire.
- ✍ INERIS, 2014. Référentiel méthodologique concernant la maîtrise du risque inondation dans les installations classées. Rapport d'étude du 13/06/2014 N° DRA-14-141515-03596A, 147 p.
- ✍ Masson, M., G. Garry et J.-L. Ballais, 1996, Cartographie des zones inondables : approche hydrogéomorphologique, ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, Les Éditions Villes et Territoires, Paris La Défense, 100 p.
- ✍ MATE, METL, 1999. Plans de prévention des risques naturels (PPR) – risques d'inondation – Guide méthodologique. 126 p.
- ✍ Maurin, J., Boulay, A., 2014, Études de danger des digues de classe A de la Loire : étude des brèches historiques, congrès SHF : « Grands transitoires hydrauliques ».
- ✍ MEDAD, 2007. Guide méthodologique pour le pilotage des études hydrauliques. Septembre 2007, ISSN : 2276-0164, 55 p.
- ✍ MEEM/MLHD, 2016, Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN), guide général, 176 p.
- ✍ Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) (2003) Plans de prévention des risques naturels (PPR). Guide de la concertation. La Documentation Française. 62 p.

- ✍ MEDD, 2004. Les risques d'inondation Le ruissellement péri-urbain. Note complémentaire, 64 p.
- ✍ MEDD, avril 2007. Guide méthodologique pour l'estimation de la crue centennale dans le cadre des plans de prévention des risques d'inondations. Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, avril 2007.
- ✍ MEDDE, 2014. Plans de prévention des risques littoraux (PPRL). Guide méthodologique. DGPR, mai 2014, 170 p.
- ✍ MEEM, 2005. Éléments pour l'élaboration des plans de prévention du risque inondation. La mitigation en zone inondable – réduire la vulnérabilité des biens existants. Document d'étape, mars 2005. 54 p.
- ✍ MEEM/MAAF, 2016. Prise en compte de l'activité agricole et des espaces naturels dans le cadre de la gestion des risques d'inondation. Guide destiné aux acteurs locaux. Volet activité agricole – version 2, édition avril 2016 – Mise à jour juillet 2018, 126 p.
- ✍ MEEM/MLHD, 2016. Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRn). Guide général. 178 p.
- ✍ METL/MEDDE, juin 2012, Référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant, https://www.georisques.gouv.fr/sites/default/files/2022-08/DGALN_referentiel%20Inondation.pdf.
- ✍ MTES, 2019. Modalités d'application du décret n° 2019-715 du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine » Décret PPRi, Novembre 2019, 16 p.

Direction générale de la prévention des risques
Service des risques naturels et hydrauliques
Sous-direction de la connaissance des aléas et de la prévention
Bureau des risques d'inondation et littoraux

Conception graphique : Benoit Cudelou (SG/DAF/SAS/SETI/SETI2.2).
Impression : atelier de reprographie de l'Arche (SG/DAF/SAS/SETI/SETI2.3).

Tour Séquoia, 1 place Carpeaux 92800 Puteaux.
Tél. : 01 40 81 21 22

www.ecologie.gouv.fr



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*
