

Vu pour être annexé à mon arrêté
en date de ce jour.

Avignon, le 20 juin 2023

La préfète

Signé

Violaine DEMARET



**PRÉFÈTE
DE VAUCLUSE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

PLAN DE PRÉVENTION DU RISQUE D'INONDATION DU RHÔNE

Commune d'Avignon

RAPPORT DE PRÉSENTATION

Dossier approuvé

Service instructeur :
Direction Départementale des Territoires de Vaucluse

SOMMAIRE

I. LE PPRI, UN OUTIL DE PRÉVENTION DES RISQUES MAJEURS D'INONDATION 5

Préambule – Le Sud-Est de la France exposé aux risques majeurs d'inondation.....	5
I.1. La politique nationale de prévention des risques.....	6
a – Des actions complémentaires pour prévenir les risques.....	6
b – L'évolution de la législation en matière de prévention des risques.....	7
I.2. Qu'est-ce qu'un PPRN ?.....	12
I.3. Les effets du PPRN.....	14
I.4. Le PPRi et les autres outils de prévention des risques d'inondation.....	16
a – La maîtrise de l'urbanisation.....	16
b – La réduction de la vulnérabilité.....	17
c – L'entretien ou l'aménagement des cours d'eau.....	17
I.5. Les autres outils réglementaires relatifs à la gestion des cours d'eau et à la prévention des risques d'inondation.....	18
a – Le SDAGE.....	18
b – La Directive inondation et le PGRI.....	18
c – La GEMAPI.....	19
d – Le pouvoir de police du préfet.....	19
e – Le pouvoir de police du maire.....	19

II. LA DÉMARCHE DE RÉVISION DES PPRI DU RHÔNE.....21

II.1. Présentation du cadre d'études.....	21
a – Le bassin versant du Rhône.....	21
b – Les crues historiques du Rhône.....	25
c – L'exposition de la commune d'Avignon au risque d'inondation par le Rhône .	30
II.2. Les phases d'élaboration du PPRi.....	32
a – Le PPRi du Rhône du 20 janvier 2000.....	32
b – La prescription de la révision des PPRi du Rhône du 20 janvier 2000 et de l'élaboration des PPRi de Mornas et de Piolenc.....	33
c – La phase d'élaboration technique associée.....	33
d – La consultation, l'enquête publique et l'approbation du PPRi.....	34
II.3. La mise en œuvre de l'association, de la concertation et de l'enquête publique	35
a – L'association des communes et des autres personnes et organismes concernés.....	35
b – La concertation avec la population.....	37
c – La consultation des personnes et organismes associés (POA).....	39
II.4. Le déroulement de l'enquête publique.....	40
a – L'organisation de l'enquête.....	40
b – Bilan de la participation.....	40

III. LES ÉTUDES TECHNIQUES DE RISQUE.....	41
III.1. Les notions utiles.....	42
a – La crue de référence.....	42
b – Caractérisation de l'aléa.....	42
c – La crue exceptionnelle.....	43
III.2. Les études conduites pour déterminer l'aléa d'Avignon.....	44
III.3. Définition et principes de la cartographie des enjeux.....	46
IV. LE ZONAGE ET LE RÈGLEMENT DU PPRI.....	47
IV.1. Les principes de prévention de la Doctrine Rhône.....	47
IV.2. Le zonage réglementaire.....	49
a – La méthode de zonage.....	49
b – la crue exceptionnelle.....	51
c – Le zonage réglementaire de la commune d'Avignon.....	52
IV.3. Les principes du règlement.....	53
IV.4. Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.....	56
ANNEXE 1 – LA DETERMINATION DE L'ALEA : LIGNES D'EAU.....	57
ANNEXE 2 – LA DETERMINATION DE L'ALEA : L'ENVELOPPE INONDABLE.....	64

I. LE PPRI, UN OUTIL DE PRÉVENTION DES RISQUES MAJEURS D'INONDATION

Préambule – Le Sud-Est de la France exposé aux risques majeurs d'inondation

On parle de « risque majeur » lorsque les effets d'un événement, d'origine naturelle ou anthropique (c'est-à-dire liée à l'activité humaine), peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société et des pouvoirs publics.

Le risque d'inondation par débordement d'un cours d'eau se caractérise par l'ampleur des surfaces impactées et le nombre souvent important de victimes.

En effet, des catastrophes d'ampleur nationale sont venues rappeler au cours des 25 dernières années les conséquences dramatiques des inondations :

- le Grand-Bornand (Haute-Savoie), juillet 1987, 23 victimes dans un terrain de camping ;
- Nîmes (Gard), octobre 1988, 9 morts, 625 millions d'euros de dégâts ;
- crue de l'Ouvèze (Drôme et Vaucluse), septembre 1992, 46 morts, 450 millions d'euros de dommages. La commune de Vaison-la-Romaine (Vaucluse) est particulièrement impactée ;
- inondations de 1993-1994 touchant 40 départements et 2750 communes, ayant entraîné la mort de 43 personnes et occasionné 1,15 milliard d'euros de dégâts ;
- sud-ouest (Aude, Pyrénées-Orientales, Tarn, Hérault) novembre 1999, 36 victimes.

Cette tendance se poursuit depuis le début du XXI^e siècle, les départements du pourtour de la méditerranée étant frappés par des épisodes de crues répétés :

- septembre 2002 : crues dans le bassin du Vidourle, de la Cèze, des Gardons, le bas bassin de l'Ardèche, le Rhône. Le département du Gard est fortement impacté : 23 victimes et 1,2 milliard d'euros de dégâts ;
- nouvelles crues violentes dans le département de l'Aude les 15 et 16 octobre 2018, particulièrement autour de Carcassonne. On déplore 15 morts ;
- département du Var : crues catastrophiques du 15 juin 2010, avec 27 morts. De nouveaux épisodes se succèdent en 2014 et 2019 ;
- département des Alpes-maritimes : crue du 20 octobre 2015, également suivie par de nouveaux épisodes en 2018, 2019 et 2020 ;
- département de l'Hérault : succession d'inondations en octobre 2014, septembre 2015, octobre 2019.

En ce qui concerne plus spécifiquement le Rhône, le XX^e siècle a été marqué par les deux grandes crues méditerranéennes de novembre 1935 et de novembre 1951.

Néanmoins, c'est bien la crue de décembre 2003 qui a durablement marqué les esprits, de par son ampleur et le coût estimé des dégâts dépassant le milliard d'euros, mais surtout du fait qu'elle s'est déroulée postérieurement aux travaux d'aménagement de la compagnie nationale du Rhône (CNR), dont les riverains avaient oublié qu'ils n'avaient pas pour vocation de réduire le risque d'inondation.

Au-delà des risques pour les personnes et les biens, d'autres conséquences des inondations, moins violentes, sont tout aussi graves : économie paralysée, exploitations agricoles détruites, voiries endommagées, pollutions par débordements des réseaux d'assainissement, d'égouts, ruptures d'alimentation en eau potable, relogements temporaires...

Les crues font partie depuis toujours du fonctionnement naturel des fleuves et cours d'eau. Pourtant l'accélération de l'expansion urbaine qui caractérise le mode de développement des dernières décennies rend les conséquences de ces phénomènes naturels de plus en plus dramatiques. Cette répétition d'événements sévères dans nos régions, rappelés ci-dessus, démontre qu'il est impératif de prendre en compte le risque d'inondation dans l'aménagement du territoire et particulièrement dans le bassin du fleuve Rhône.

I.1. La politique nationale de prévention des risques

a – Des actions complémentaires pour prévenir les risques

La prévention des risques repose sur de multiples actions complémentaires, qui nécessitent l'implication de l'ensemble des acteurs locaux, jusqu'aux citoyens eux-mêmes.

- **Connaissance des risques**

Une connaissance approfondie des risques permet de mieux appréhender les conséquences des phénomènes et de mettre en place des parades adaptées.

Elle s'appuie à la fois sur la connaissance des événements passés (recherches historiques, bases de données...) et sur des études techniques et simulations.

- **Surveillance, prévision, vigilance et alerte**

L'objectif de la surveillance est d'anticiper un événement, d'évaluer son intensité afin de pouvoir informer et alerter rapidement les autorités et la population et préparer la gestion de crise.

Plusieurs dispositifs de surveillance existent, qui relèvent de la compétence de L'État (Vigilance Météo, Vigicrues...) et des collectivités (systèmes locaux de surveillance et d'alerte).

- **Éducation et information préventive des citoyens**

L'objectif est d'informer le citoyen sur les risques auxquels il est exposé, sur les dommages prévisibles, sur les mesures de prévention qu'il peut prendre pour réduire sa vulnérabilité, ainsi que sur les moyens de protection et de secours mis en œuvre par les pouvoirs publics. Cette information est essentielle pour que la population devienne un acteur de sa propre sécurité.

Le préfet et les maires élaborent des documents d'information sur les risques majeurs : respectivement le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) et le document d'Information communal sur les risques majeurs (DICRIM).

Le dispositif d'Information acquéreurs-locataires (IAL) : les nouveaux acquéreurs et locataires de biens immobiliers sont tenus d'être informés par le vendeur ou le bailleur des risques majeurs existants dans la commune. Les informations utiles sont mises à leur disposition par le préfet de département.

- **Réduction de la vulnérabilité et protection**

Face aux risques naturels, la réduction de la vulnérabilité consiste à prendre des mesures pour réduire les impacts des phénomènes naturels.

Il peut s'agir d'actions concernant :

- **le phénomène dangereux** : il s'agit de réduire localement son intensité.

On distingue :

- les mesures de *prévention* qui visent à atténuer localement l'ampleur des phénomènes : bassin de rétention, restauration des champs d'expansion des crues et zones humides ;
- les mesures de *protection* qui visent à faire obstacle aux phénomènes vis-à-vis d'enjeux urbains et d'activités. Il peut s'agir de protections collectives d'une ville, d'un quartier, d'une route (digues de protection contre les crues...) ou de mesures individuelles (pose de batardeaux devant les portes et les fenêtres pour protéger l'intérieur de la maison d'une inondation...) ;

Cependant les ouvrages de protection collectifs, comme les digues, n'offrent pas une protection absolue et peuvent donner un faux sentiment de sécurité. En effet, des dysfonctionnements (surverse, rupture de digue...) peuvent survenir dans des circonstances particulières : crue supérieure à la crue prise en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage, dégradation de l'ouvrage dans le temps... Il faut donc intervenir sur l'adaptation des bâtiments ou des activités à leur exposition aux risques.

- **les enjeux exposés** (constructions existantes, infrastructures...), pour limiter les dommages aux personnes, aux biens et aux activités.

Exemples : surélévation des planchers d'une construction, renforcement des murs dans les constructions existantes pour résister aux pressions hydrauliques lors d'une crue...

- **L'organisation des secours**

La sécurité relève de la responsabilité de chacun.

La loi de modernisation de sécurité civile a rappelé que le maire reste le premier responsable de la sécurité des personnes et des biens à l'échelle de sa commune. Selon les articles L.2212-1 à L. 2212-5 du code général des collectivités territoriales, le maire est chargé « d'assurer le bon ordre, la sûreté, la sécurité et la salubrité publiques » sur le territoire communal. A cet effet, dans les communes soumises à un plan de prévention des risques naturels, le maire doit élaborer un plan communal de sauvegarde (PCS) pour anticiper les événements, assister les habitants et venir en appui aux services de secours.

Lorsque l'événement impacte plusieurs communes, le préfet de département coordonne les actions de sauvegarde. Certains événements de grande ampleur peuvent nécessiter l'appui de moyens opérationnels supplémentaires.

Au titre de la prévention, la loi n°95-101 du 2 février 1995 a créé les Plans de Prévention des Risques naturels (PPR). Le PPR contribue à améliorer la connaissance des risques naturels et à réduire la vulnérabilité des territoires exposés à travers la maîtrise de l'urbanisation et la réduction de vulnérabilité des constructions existantes (voir ci-après § 1.2. Qu'est-ce qu'un PPRN ?).

A l'inverse, le PPR n'est pas un projet d'aménagement ou de travaux de protection, qui relèvent d'autres procédures.

b – L'évolution de la législation en matière de prévention des risques

- **Loi n°82-600 du 13 juillet 1982 relative à « l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles »**: elle fixe pour objectif d'indemniser les victimes en se fondant sur le principe de solidarité nationale. Ainsi, un sinistre est couvert au titre de garantie de « catastrophes naturelles » à partir du moment où l'agent naturel en est la cause déterminante et qu'il présente une intensité anormale. Cette garantie n'est mise en œuvre que si les biens atteints sont couverts par un contrat d'assurance « dommage » et si l'état de catastrophe naturelle est constaté par un arrêté interministériel.

• **Loi n°87-565 du 22 juillet 1987 (modifiée par la loi n°95-101 du 2 février 1995 - article 16) relative à « l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs »** : elle stipule que tous les citoyens ont un droit à l'information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis ainsi que sur les mesures de sauvegarde (moyens de s'en protéger). Cette loi crée pour cela trois types de documents à caractère informatif (non opposable aux tiers) :

- les dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM) qui ont pour but de recenser dans chaque département, les risques par commune. Ils expliquent les phénomènes et présentent les mesures générales de sauvegarde ;
- les dossiers communaux synthétiques (DCS), réalisés sous l'autorité du préfet, qui permettent d'apprécier à l'échelle communale les risques susceptibles d'advenir. Des porter à connaissance de l'État, les dossiers de transmission d'informations aux maires (TIM), se substituent aujourd'hui à ces DCS (article R.125-11 du code de l'environnement) ;
- le document d'information communal sur le risque majeur (DICRIM) qui est élaboré par le maire. Ce document informatif vise à compléter les informations acquises dans les deux dossiers précédents par des mesures particulières prises sur la commune en vertu du pouvoir de police du maire.

• **Loi du 3 janvier 1992 dite aussi « loi sur l'eau »** (article L.562-8 du code de l'environnement) relative à la préservation des écosystèmes aquatiques, à la gestion des ressources en eau : elle tend à promouvoir une volonté politique de gestion globale de la ressource et notamment, la mise en place de mesures compensatoires à l'urbanisation afin de limiter les effets de l'imperméabilisation des sols.

• **Circulaire du 24 janvier 1994 relative à la « prévention des inondations et à la gestion des zones inondables »** : elle désigne les moyens à mettre en œuvre en matière de risques majeurs et d'urbanisme. Et notamment :

- interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses où, quels que soient les aménagements, la sécurité des personnes ne peut être garantie intégralement et les limiter dans les autres zones inondables ;
- mieux informer les populations exposées ainsi que diminuer la vulnérabilité des biens situés dans les zones inondables ;
- préserver les capacités d'écoulement et d'expansion des crues pour ne pas aggraver les risques dans les zones situées en amont et en aval.

• **Loi n°95-101 du 2 février 1995 dite aussi « Loi Barnier »** relative au « renforcement de la protection de l'environnement » : elle incite les collectivités publiques, et en particulier les communes, à préciser leurs projets de développement et éviter une extension non maîtrisée de l'urbanisation. Ce texte met l'accent sur la nécessité d'entretenir les cours d'eaux et les milieux aquatiques mais également de développer davantage la consultation publique (concertation). La loi Barnier est à l'origine de la création d'un fonds de financement spécial : le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM). Ce dernier permet de financer, dans la limite de ses ressources, la protection des lieux densément urbanisés et, éventuellement, l'expropriation de biens fortement exposés. Ce fonds est alimenté par un prélèvement sur le produit des primes ou cotisations additionnelles relatives à la garantie contre le risque de catastrophes naturelles, prévues à l'article L. 125-2 du code des assurances. Cette loi a également initié la mise en place des plans de prévention des risques naturels (PPRN), rendue effective par un décret d'application datant du 5 octobre 1995.

- **Circulaire interministérielle du 24 avril 1996 relative « aux dispositions applicables au bâti et aux ouvrages existants en zone inondable »** : elle vient confirmer la politique portée par la circulaire du 24 janvier 1994 en imposant :

- la préservation des zones d'expansion des crues ;
- l'interdiction de toute construction nouvelle dans les zones d'aléas les plus forts (ne pas aggraver les risques) ;
- la réduction de la vulnérabilité des enjeux existants.

- **Circulaire du 30 avril 2002 relative « à la politique de l'Etat en matière de risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations »** : elle a pour objectif de préciser la politique de l'Etat en matière d'information sur les risques naturels prévisibles et d'aménagement dans les espaces situés derrière les digues fluviales. Ces objectifs imposent de mettre en œuvre les principes suivants :

- veiller à interdire toute construction et saisir les opportunités pour réduire le nombre des constructions exposées dans les zones d'aléas les plus forts ;
- éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés ;
- contrôler l'urbanisation dans les zones à proximité immédiate des digues ;
- tenir compte du risque de défaillance ou de dysfonctionnement des ouvrages de protection.

- **Loi du 30 juillet 2003 dite aussi « loi Bachelot » ou « loi Risques »** relative « à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages » : elle comprend des dispositions relatives à la prévention des risques technologiques suite à l'explosion de l'usine AZF à Toulouse et un volet « risques naturels » pour répondre aux insuffisances constatées en matière de prévention des risques naturels à l'occasion des inondations de septembre 2002. Cette loi s'articule autour de cinq principes directeurs :

- le renforcement de l'information et de la concertation autour des risques majeurs (les maires des communes couvertes par un PPRN prescrit ou approuvé doivent délivrer au moins une fois tous les deux ans auprès de la population une information périodique sur les risques naturels et sur les mesures de prévention mises en œuvre pour y faire face) ;
- le développement d'une conscience, d'une mémoire et d'une appropriation du risque (obligation depuis le décret du 14 mars 2005 d'inventorier et de matérialiser les repères de crues, dans un objectif essentiel de visibilité et de sensibilisation du public quant au niveau atteint par les plus hautes eaux connues) ;
- la maîtrise de l'urbanisation dans les zones à risques ;
- l'information sur les risques (suite au décret du 15 février 2005, les vendeurs et bailleurs ont l'obligation de mentionner aux acquéreurs et locataires le caractère inondable d'un bien) ;
- l'amélioration des conditions d'indemnisation des sinistrés (élargissement des possibilités de recourir aux ressources du FPRNM pour financer l'expropriation des biens exposés à certains risques naturels menaçant gravement des vies humaines).

- **Loi n°2004-811 du 13 août 2004 relative à la « modernisation de la sécurité civile »** : elle a pour but d'élargir l'action conduite par le gouvernement en matière de prévention des risques naturels. Les objectifs prioritaires sont notamment de :

- faire de la sécurité civile l'affaire de tous (nécessité de sensibiliser les enfants dès leur plus jeune âge à la prévention des risques de la vie courante) ;
- donner la priorité à l'échelon local : l'objectif est de donner à la population toutes les consignes utiles en cas d'accident majeur et de permettre à chaque commune de soutenir pleinement l'action des services de secours. Le projet de loi organise la simplification des plans d'urgence et de secours et la création de plans communaux de sauvegarde (PCS). Ces derniers sont d'ailleurs reconnus juridiquement depuis le décret d'application du 13 septembre 2005 ;
- stabiliser l'institution des services d'incendie et de secours dans le cadre du département ;
- encourager les solidarités (dès que la situation imposera le renfort de moyens extérieurs au département sinistré, l'État fera jouer la solidarité nationale).

- **La circulaire interministérielle du 21 janvier 2004 relative à la maîtrise de l'urbanisme et de l'adaptation des constructions en zone inondable** : elle fait suite aux crues de 2002 et 2003 dans le grand Sud-Est de la France. Elle rappelle 4 priorités nationales pour les 9 départements concernés : Bouches du Rhône, Hérault, Ardèche, Aude, Drôme, Gard, Lozère, Pyrénées Orientales et Vaucluse.

- la maîtrise du développement urbain, tant à travers les PPRi que grâce aux documents et décisions d'urbanisme ; la circulaire appelle à une vigilance particulière vis-à-vis des lieux d'hébergement collectifs et des bâtiments utiles à la sécurité civile ;
- l'adaptation des constructions existantes, afin de favoriser la mise en œuvre de mesures de réduction de leur vulnérabilité ;
- la gestion des ouvrages de protection, en rappelant les principes de précaution à l'arrière des digues portés par la circulaire du 30 avril 2002 ;
- l'organisation des actions et des moyens.

- **Le décret 2005-3 du 4 janvier 2005** modifiant le décret n°95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles et portant application de la loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 : en matière de PPRN, il précise les conditions de mise en œuvre des dispositions nouvelles introduites par la loi Risques, notamment en matière d'association et de consultation des personnes publiques et de concertation avec la population.

- **La circulaire « Les PPRi du fleuve Rhône et de ses affluents à crue lente – doctrine commune »**, dite « **Doctrine Rhône** », traduit les principes nationaux de prévention des risques d'inondation pour ces cours d'eau. Elle a été validée par l'ensemble des préfets de région et de département du bassin du Rhône lors de la conférence administrative de bassin Rhône-Méditerranée du 14 juin 2006 et par le comité de pilotage du plan Rhône le 7 juillet 2006. Elle devient ainsi la référence partagée pour l'élaboration et la révision des PPRi sur l'ensemble du fleuve et ses affluents à crue lente, dans le souci d'une gestion cohérente et solidaire des crues.

- **La circulaire du 3 juillet 2007 relative à la consultation des acteurs, la concertation avec la population et l'association des collectivités territoriales** dans les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) : tout en rappelant que l'élaboration des PPRN relève de l'entière compétence des préfets, elle souligne l'importance de l'association et de la concertation avec les collectivités et les populations concernées, dans le double objectif de les sensibiliser aux

risques et de favoriser la construction d'une démarche globale de prévention des risques, utile à la mise en cohérence notamment des politiques d'aménagement du territoire et des principes de prévention des risques.

- **La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement** : elle définit les procédures de révision et de modification de ces documents.

- **Le décret n° 2011-765 du 28 juin 2011 relatif à la procédure d'élaboration, de révision et de modification des plans de prévention des risques naturels prévisibles**, pris en application de la loi du 12 juillet 2010, introduit un délai de 3 ans, prorogeable de 18 mois, pour élaborer les PPRN et précise les modalités des procédures de révision et de modification des PPRN.

- **La loi du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique**, qui crée une compétence ciblée et obligatoire relative à la gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations, et l'attribue aux communes et à leurs groupements.

L'élaboration des PPR inondation est désormais régie par :

- **le décret n°2019-715 du 5 juillet 2019** relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordements de cours d'eau et submersion marine » dit « décret PPRi » ;

- **l'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 débordements de cours d'eau et submersion marine » ;

- **une note d'accompagnement de novembre 2019**, établie par la direction générale de la prévention des risques du ministère de la transition écologique et solidaire, intitulée « Modalités d'application du décret n°2019-715 du 5 juillet 2019 » qui précise les règles générales d'élaboration des PPRi et revient plus en détail sur des situations spécifiques ;

- **Le décret n° 2021-518 du 29 avril 2021 relatif au fonds de prévention des risques naturels majeurs (modification de la partie réglementaire du code de l'environnement)**, qui fixe le nouveau cadre réglementaire d'utilisation du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM), appelé aussi « Fonds Barnier ».

Néanmoins, la révision des PPRi du Rhône ayant été prescrite avant la prise du décret du 5 juillet 2019, elle sera établie suivant les dispositions des textes antérieurs, tout en restant conformes aux principes de prévention édictés par le PGRI du bassin Rhône-Méditerranée, arrêté le 7 décembre 2015 (cf. chapitre I.5.b).

I.2. Qu'est-ce qu'un PPRN ?

La répétition d'événements catastrophiques au cours des deux dernières décennies sur l'ensemble du territoire national a conduit l'État à renforcer la politique de prévention des inondations en matière de maîtrise de l'urbanisation dans les zones à risques.

Cette politique s'est concrétisée par la mise en place de Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRi), dont le cadre législatif est fixé par les lois et décrets précités, codifiés aux articles L.562-1 et suivants et R.562-1 et suivants du code de l'environnement.

- **Objet**

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles est un document réalisé par l'Etat dans les territoires les plus exposés aux risques naturels, dont l'objet est d'étudier et de réglementer les zones de risques.

Le PPR réglemente l'utilisation des sols, afin de garantir la sécurité des personnes, de prévenir les dommages aux biens et de ne pas aggraver les risques. Cette réglementation va de la possibilité de construire sous certaines conditions à l'interdiction de construire dans les cas où l'intensité prévisible des risques ou l'objectif de non-aggravation des risques existants le justifie. Elle permet ainsi d'orienter les choix d'aménagement des territoires.

Le PPR a également pour objectif de contribuer à réduire la vulnérabilité des personnes et des biens déjà implantés en zone inondable. A cet effet, il définit des mesures de prévention applicables aux constructions et aménagements existants exposés aux risques.

Ainsi, « II.-Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

1° De **délimiter les zones exposées aux risques**, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

2° De **délimiter 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 et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° De **définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde** qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, **les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants** à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs. »

(extrait de l'article L.562-1 du code de l'environnement)

• Procédure d'élaboration des PPRN

Il s'agit d'une procédure engagée à l'initiative de l'Etat et conduite, sous l'autorité du préfet, par un ou plusieurs services, en association avec les collectivités et autres personnes publiques concernées et en concertation avec la population.

Après avoir été soumis à une enquête publique, le PPRN est approuvé par le préfet. Les dispositions définies par le PPRN sont dès lors opposables à toute personne publique ou privée. Elles valent servitude d'utilité publique et demeurent applicables même lorsqu'il existe un document d'urbanisme.

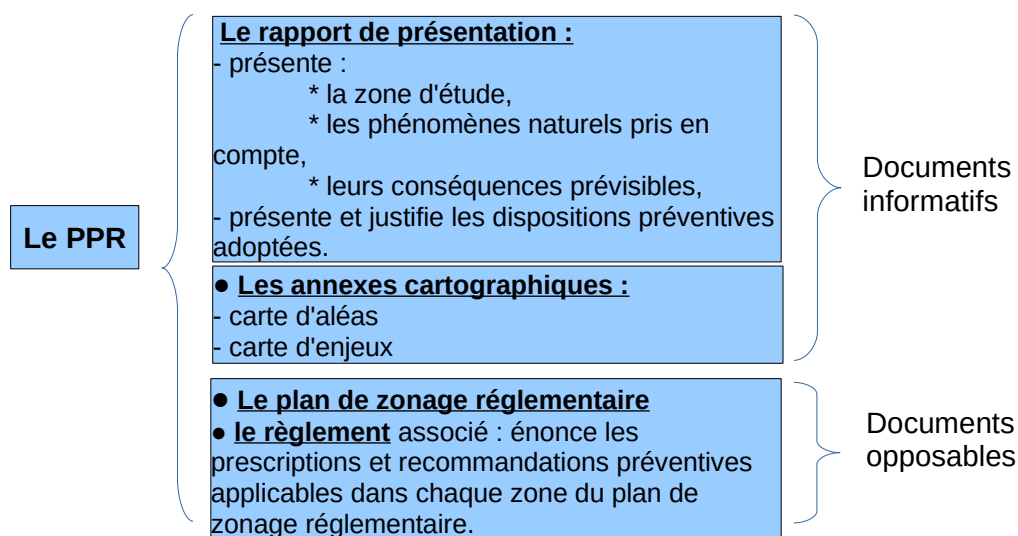
• Contenu du PPRN

Le dossier de PPR comprend :

- le présent **rapport de présentation**, qui expose l'analyse des phénomènes pris en compte, ainsi que leurs impacts prévisibles sur les personnes et sur les biens, existants et futurs. Ce rapport justifie les choix retenus en matière de prévention en indiquant les principes d'élaboration du PPR et en précisant la réglementation mise en place ;
- des **annexes cartographiques (cartes d'aléas et cartes d'enjeux** – voir ci-après III. Etudes techniques de risque) permettant de comprendre la construction du dossier réglementaire ;
- le **plan de zonage réglementaire**, qui délimite les zones réglementées par le PPRi ;
- un **règlement** qui précise les règles s'appliquant à chacune de ces zones. Le règlement définit ainsi les conditions de réalisation de tout projet, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers ou aux collectivités, ainsi que les mesures de réduction de vulnérabilité applicables aux biens et activités existants.

Seuls le plan de zonage réglementaire et le règlement associé, ainsi que leurs annexes, sont opposables. Les autres documents écrits ou cartographiques sont fournis à titre explicatif.

Le présent document constitue le rapport de présentation qui expose la démarche d'élaboration du PPRi du Rhône et justifie les dispositions fixées.



I.3. Les effets du PPRN

Le règlement du PPR comporte des dispositions relatives :

- aux projets nouveaux, assimilés par l'article L.562-1 du code de l'environnement aux « constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles » susceptibles d'être réalisés ;
- aux mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques ou les particuliers ;
- aux biens existants à la date de l'approbation du plan, qui peuvent faire l'objet de mesures obligatoires relatives à leur utilisation ou aménagement.

Le PPRN approuvé vaut **servitude d'utilité publique** en application de l'article L.562-4 du code de l'environnement. Il doit à ce titre être annexé au plan local d'urbanisme (PLU) lorsque la commune en est dotée.

- **PPR et projets nouveaux**

Le règlement du PPR approuvé constituant une servitude d'utilité publique annexée au document d'urbanisme communal, il est opposable à toute personne publique ou privée qui désire entreprendre des constructions, installations, travaux ou activités, en application de l'article L.152-7 du code de l'urbanisme.

Ces projets doivent respecter les dispositions du PPR, mais aussi tous les autres textes législatifs et réglementaires applicables sur le territoire (plan local d'urbanisme, code de l'environnement...). C'est alors la disposition la plus contraignante qui prévaut.

Il appartient également aux communes et établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) compétents de prendre en compte ses dispositions pour les intégrer dans leurs politiques d'aménagement du territoire (schémas de cohérence territoriale « SCOT », zones d'aménagement concerté « ZAC »...).

Le non-respect des dispositions du PPR peut se traduire par des sanctions au titre du code de l'urbanisme, en application de l'article L.562-5 du code de l'environnement.

- **PPR et information préventive**

Depuis la loi « Risques » du 30 juillet 2003 (renforcement de l'information et de la concertation autour des risques majeurs), les maires dont les communes sont couvertes par un PPRN prescrit ou approuvé doivent délivrer au moins une fois tous les deux ans auprès de la population une information périodique sur les risques naturels (article 40 de la loi « Risques »).

- **PPR et plan communal de sauvegarde**

La prescription ou l'approbation d'un PPR rend obligatoire l'élaboration d'un plan communal de sauvegarde (PCS) par le maire de la commune concernée, conformément à l'article L.731-3 du code de la sécurité intérieure. En application de l'article R.731-10 du code de la sécurité intérieure, la commune doit réaliser son PCS dans un délai de deux ans à compter de la date d'approbation du PPR par le préfet du département.

- **PPR et assurances des biens existants**

L'existence d'un plan de prévention des risques prescrit depuis moins de 5 ans ou approuvé permet d'affranchir les assurés de toute modulation de franchise d'assurance en cas de sinistre lié au risque naturel majeur concerné (arrêté ministériel du 5/09/2000 modifié en 2003).

Par ailleurs, les biens et activités existants, régulièrement édifiés antérieurement à la publication du plan de prévention des risques naturels, continuent de bénéficier du régime général de garantie contre les catastrophes naturelles prévu par la loi.

Toutefois, les propriétaires de ces biens et activités existants doivent vérifier que les mesures prescrites par le PPR visant à la réduction de la vulnérabilité des bâtiments existants et de leurs occupants sont respectées : présence d'un niveau refuge, sécurisation des gros équipements sensibles. A défaut, les mesures de réduction de vulnérabilité prescrites par le PPR ou résultant d'un diagnostic de vulnérabilité devront être mises en œuvre dans un délai de 5 ans après l'approbation du PPR.

Il est à noter que ces dispositions ne s'imposent que dans la limite de 10 % de la valeur vénale du bien considéré à la date d'approbation du plan.

Ces travaux peuvent ouvrir droit à un financement de l'Etat au titre du fonds de prévention des risques naturels majeurs.

Le non-respect du PPR peut faire l'objet de sanctions au titre de la garantie contre les catastrophes naturelles.

Ces mesures de réduction de vulnérabilité sont détaillées dans le règlement du présent PPRi du Rhône.

• PPR et financement des mesures de prévention

L'existence d'un plan de prévention des risques prescrit ou approuvé sur une commune peut ouvrir le droit à des financements de l'Etat au titre du fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM – circulaire du 23 avril 2007), créé par la loi du 2 février 1995. Ce fonds a vocation à assurer la sécurité des personnes et à réduire les dommages aux biens exposés à un risque naturel majeur. Il bénéficie aux collectivités et aux personnes qui ont assuré leurs biens et qui sont donc elles-mêmes engagées dans une démarche de prévention (sauf cas particulier des expropriations). Le lien aux assurances est fondamental. Il repose sur le principe que des mesures de prévention permettent de réduire les dommages et donc notamment les coûts supportés par la solidarité nationale et le système de garantie contre les catastrophes naturelles.

Ses conditions d'utilisation sont précisées dans la note technique du 11 février 2019 relative au Fonds de prévention des risques naturels majeurs.

Ces financements concernent :

- les études et travaux de prévention des collectivités locales ;
- les études et travaux de réduction de la vulnérabilité prescrits par un PPR aux personnes physiques ou morales ;
- les mesures d'acquisition de biens exposés ou sinistrés, lorsque les vies humaines sont menacées (acquisitions amiables, évacuation temporaire et relogement, expropriations dans les cas extrêmes : crues torrentielles...) ;
- les actions d'information préventive sur les risques majeurs.

Ainsi, les études ou travaux peuvent être subventionnés par l'État dans les conditions suivantes :

- pour les études et travaux des collectivités :
le taux maximal d'intervention est fixé à 50 % pour les études, à 50 % pour les travaux, ouvrages ou équipements de prévention et à 40 % pour les travaux, ouvrages ou équipements de protection pour les communes où un plan de prévention des risques naturels prévisibles est approuvé.

Il est fixé à 50 % pour les études, à 40 % pour les travaux, ouvrages ou équipements de prévention et à 25 % pour les travaux, ouvrages ou équipements de protection pour les communes où un plan de prévention des risques naturels prévisibles est prescrit.

- pour les travaux prescrits par un PPRN réalisés par les particuliers, le taux maximum de subvention est de 80% des dépenses pour les biens à usage d'habitation ou mixte dans le cadre d'inondations (40 % pour les autres risques) et 20 % des dépenses pour les activités de moins de 20 salariés (décret n°2019-1301 du 5 décembre 2019).

L'ensemble de ces aides vise également à soutenir l'élaboration d'une politique locale de prévention des risques, allant au-delà de la seule mise en œuvre de la servitude PPR.

I.4. Le PPRi et les autres outils de prévention des risques d'inondation

La prévention des risques naturels regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour réduire l'impact d'un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens.

En matière d'inondation, il convient d'agir sur l'occupation et l'aménagement du territoire au travers notamment des actions suivantes : la maîtrise de l'urbanisation, la réduction de vulnérabilité des constructions existantes en zone inondable (ou « mitigation »), l'entretien ou l'aménagement des cours d'eau. Ces démarches sont explicitées ci-après.

Une politique de prévention globale intègre nécessairement des actions complémentaires : la prévision des crues et l'alerte, l'information préventive des citoyens, la préparation et la gestion de crise (voir § I.1. a ci-dessus).

Ces actions sont pour l'essentiel de la compétence de l'Etat et des collectivités territoriales, mais les propriétaires riverains des cours d'eau et les administrés ont également un rôle important à jouer.

a – La maîtrise de l'urbanisation

Les plans de prévention des risques naturels d'inondation (PPRi), établis par l'Etat, définissent des zones d'interdiction et des zones de prescriptions, constructibles sous conditions. Ils peuvent en outre réglementer l'installation d'ouvrages susceptibles de provoquer une gêne à l'écoulement des eaux en période d'inondation.

L'objectif est double : maîtriser le développement en zone inondable, en particulier dans les zones d'aléas les plus forts susceptibles de porter atteinte à la sécurité des personnes, et préserver les capacités d'écoulement des cours d'eau et les champs naturels d'expansion des crues qui, en stockant d'importantes quantités d'eau, contribuent à réduire l'aléa en amont ou en aval.

Le PPRi peut également prescrire ou recommander des dispositions constructives pour les nouvelles constructions admises (rehaussement des planchers habitables créés, mise hors d'eau des équipements sensibles...) ou des dispositions concernant l'usage du sol (amarrage des citernes...). Ces mesures, si elles sont appliquées, permettent de réduire considérablement les dommages causés par les crues.

Les documents d'urbanisme concourent, avec les PPRN, à la maîtrise de l'urbanisation en zones de risques.

En effet, le code de l'urbanisme (article L.101-2) impose la prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme : schémas de cohérence territoriale (SCOT), plans locaux d'urbanisme (PLU), cartes communales.

Ainsi, les plans locaux d'urbanisme permettent de refuser ou d'accepter sous certaines conditions un permis de construire, notamment dans des zones inondables.

b – La réduction de la vulnérabilité

Réduire la vulnérabilité des enjeux déjà présents au sein de la zone inondable consiste à prévenir les atteintes aux personnes, à limiter les éventuels dommages aux biens et à faciliter le retour à la normale : on parle de mesures de « mitigation ».

Les propriétaires ou locataires peuvent contribuer à se protéger efficacement et diminuer leur propre vulnérabilité.

Pour réduire la vulnérabilité des personnes, des biens et des activités existants face aux inondations, les PPR approuvés peuvent prescrire ou recommander la mise en œuvre de différentes mesures (création d'un espace refuge hors d'eau, rehaussement des équipements sensibles...). Lorsqu'elles sont rendues obligatoires, ces mesures peuvent être financées par le fonds de prévention des risques naturels majeurs dans les conditions précisées par le code de l'Environnement notamment à l'article L.561-3.

Le règlement du PPRi précise les mesures dont la réalisation est rendue obligatoire. Il fixe également les délais dans lesquels elles doivent être réalisées.

D'autres politiques publiques peuvent utilement relayer les PPRN pour sensibiliser la population et l'inciter à réaliser des travaux de réduction de vulnérabilité comme les programmes d'action de prévention des inondations (PAPI).

c – L'entretien ou l'aménagement des cours d'eau

Les cours d'eau sont classés en deux catégories :

- les cours d'eau du domaine public fluvial, dont le lit et l'usage de l'eau appartiennent à l'Etat ;
- les cours d'eau non domaniaux, qui appartiennent aux riverains, sous condition de préserver la sécurité et la salubrité publique, ainsi que les droits et usages détenus sur l'eau elle-même par certains utilisateurs.

L'obligation d'entretien des cours d'eau non domaniaux et de leurs berges est réglementée par le code de l'environnement (article L.215-14). Indépendamment du fait qu'un propriétaire riverain dispose d'un droit d'eau ou de puisage, le code de l'environnement le rend responsable de l'entretien régulier du cours d'eau bordant son terrain.

Toutefois, les dispositions de l'article L.211-7 du code de l'environnement permettent aux *« collectivités territoriales et leurs groupements, tels qu'ils sont définis au deuxième alinéa de l'article L.5111-1 du code général des collectivités territoriales, ainsi que les établissements publics territoriaux de bassin prévus à l'article L.213-12 du présent code peuvent, sous réserve de la compétence attribuée aux communes par le I bis du présent article, mettre en œuvre les articles L.151-36 à L.151-40 du code rural et de la pêche maritime pour entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, actions, ouvrages ou installations présentant un caractère d'intérêt général ou d'urgence, dans le cadre du schéma d'aménagement et de gestion des eaux s'il existe »*.

Cette compétence des collectivités locales doit être obligatoirement précédée d'une enquête publique, préalable à la reconnaissance de l'intérêt général ou de l'urgence de l'intervention.

En outre, les collectivités locales peuvent entreprendre des opérations d'aménagement des cours d'eau, toujours en application de l'article L.211-7 du code de l'environnement, et sous les mêmes conditions d'intérêt général ou d'urgence. Ces opérations peuvent recouvrir notamment :

- la maîtrise des eaux pluviales et de ruissellement ou la lutte contre l'érosion des sols ;
- la défense contre les inondations et contre la mer ;
- les aménagements hydrauliques concourant à la sécurité civile ;
- l'exploitation, l'entretien et l'aménagement d'ouvrages hydrauliques existants.

I.5. Les autres outils réglementaires relatifs à la gestion des cours d'eau et à la prévention des risques d'inondation

a – Le SDAGE

En fixant l'objectif d'une « gestion équilibrée de la ressource en eau », le code de l'environnement (article L.211-1) vise à satisfaire à plusieurs exigences dont : la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ; la protection des eaux et la lutte contre toute pollution... La protection contre les inondations figure également parmi ces enjeux.

L'article L.212-1 du code de l'environnement prévoit comme instrument de planification de la gestion de la ressource en eau : le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

Le SDAGE fixe pour chaque bassin, les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau devant permettre notamment « *de satisfaire ou concilier [...] les exigences [...] de la protection contre les inondations* ».

C'est le cas du SDAGE Rhône-Méditerranée 2016/2021 approuvé le 3 décembre 2015.

Les décisions administratives prises dans le domaine de l'eau doivent être compatibles avec les dispositions du SDAGE. Il en est de même, depuis la transposition de la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 par la loi n°2004-338 du 21 avril 2004, pour les documents d'urbanisme : les SCOT, les PLU et les cartes communales doivent être compatibles ou rendues compatibles dans un délai de trois ans, avec les orientations fondamentales de la gestion équilibrée de la ressource en eau définies par le SDAGE.

b – La Directive inondation et le PGRI

La directive 2007/60/CE ou « Directive Inondation » a été établie par le Conseil et le Parlement européen en 2007. Elle vise à uniformiser les actions pour diminuer les conséquences dues aux inondations en Europe.

La traduction française de la Directive Inondation a été faite au travers des dispositions de l'article 221 de la loi d'engagement national pour l'environnement (LENE) du 12 juillet 2010 et du décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 du code de l'environnement.

La stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI), approuvée par l'arrêté interministériel du 7 octobre 2014, définit les objectifs que l'État français cherchera à atteindre pour répondre aux exigences de la Directive Inondation qui sont :

- augmenter la sécurité des populations ;
- réduire le coût des dommages ;
- raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés.

Les objectifs de la SNGRI sont déclinés par bassin versant (ou district) dans les plans de gestion des risques d'inondation (PGRI). Le PGRI du bassin Rhône-Méditerranée a été élaboré par la DREAL Rhône-Alpes et approuvé le 21 mars 2022.

Ce document liste les différents objectifs à mener au niveau des territoires à risque important d'inondation (TRI). Ce sont des territoires déterminés prioritaires par leurs aléas et leurs enjeux dans la prévention des inondations, on en dénombre 31 au niveau du bassin Rhône-Méditerranée dont le TRI Avignon – Plaine du Tricastin – Basse Durance où est localisé le présent PPRi.

Les PPRi doivent être conformes aux objectifs du PGRI.¹

1 Le PGRI est consultable sur : <https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/inondations/pgri-2022-2027>

c – La GEMAPI

La gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI) est une compétence confiée aux intercommunalités (métropoles, communautés urbaines, communautés d'agglomération, communautés de communes) par les lois de décentralisation n° 2014-58 du 27 janvier 2014 et n° 2015-991 du 7 août 2015, depuis le 1er janvier 2018.

La création et l'attribution de la compétence GEMAPI aux communes clarifient les responsabilités que les maires assument déjà partiellement en la matière et fournissent les outils juridiques et financiers nécessaires pour leur exercice. Cette réforme concentre, à l'échelle communale et intercommunale, des compétences aujourd'hui morcelées. La compétence GEMAPI répond à un besoin de replacer la gestion des cours d'eau au sein des réflexions sur l'aménagement du territoire.

Le bloc communal (communes et EPCI) aborde ainsi de manière conjointe la prévention des inondations et la gestion des milieux aquatiques (gérer les ouvrages de protection contre les inondations, faciliter l'écoulement des eaux notamment par la gestion des sédiments, gérer des zones d'expansion des crues, gérer la végétation dans les cours d'eaux et leurs abords immédiats) et l'urbanisme (mieux intégrer le risque d'inondation et le bon état des milieux naturels dans l'aménagement de son territoire et dans les documents d'urbanisme).

Le regroupement des communes ou des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre au sein de structures dédiées ayant les capacités techniques et financières suffisantes est encouragé pour exercer ces compétences à la bonne échelle hydrographique, lorsque le bloc communal ne peut pas les assumer seul à l'échelle de son territoire.

d – Le pouvoir de police du préfet

Le préfet est l'autorité chargée de la conservation et de la police des cours d'eau non domaniaux, conformément à l'article L.215-7 du code de l'environnement. Il prend ainsi toute disposition pour assurer le libre écoulement des eaux.

L'exécution des travaux ou la réalisation d'ouvrage dans le lit ou sur les berges des cours d'eau est subordonnée à une autorisation de l'administration ou à une déclaration préalable (article L.214-3 du code de l'environnement). Ce régime d'autorisation et de déclaration relève de la responsabilité de l'Etat (police de l'eau).

Lorsqu'il délivre les autorisations, le préfet doit donc vérifier que les ouvrages et travaux n'aggravent pas le risque d'inondations, ne modifient pas les conditions de sécurité des zones habitées ou ne perturbent pas le libre écoulement des eaux.

e – Le pouvoir de police du maire

Le maire exerce ses pouvoirs de police municipale prévus aux articles L.2212-1, 2 et 4 du code des collectivités territoriales : « La police municipale [...] comprend notamment : le soin de prévenir, par des précautions convenables, et de faire cesser, par la distribution des secours nécessaires, les accidents et les fléaux calamiteux ainsi que les pollutions de toute nature, tels que les incendies, les inondations, les ruptures de digues(...) et, s'il y a lieu, de provoquer l'intervention de l'administration supérieure ».

Ce pouvoir du maire doit s'exercer en cas de danger pour la sécurité publique. Dans ce cas, il peut intervenir en urgence à la place des propriétaires privés ou des collectivités ayant normalement compétence. S'il ne le fait pas, le préfet peut se substituer à lui.

En conclusion, la prévention du risque d'inondation constitue donc une compétence largement partagée, qui nécessite l'implication de l'ensemble des acteurs locaux jusqu'aux citoyens eux-mêmes. Elle relève de nombreux outils complémentaires de planification et de gestion.

Au sein de ce dispositif, le PPRi a un champ d'action bien défini : il a pour principal objet la qualification de l'aléa pour la crue de référence, la maîtrise de l'urbanisation et la réduction de vulnérabilité des constructions existantes. A l'inverse, ce n'est pas un programme d'aménagements du cours d'eau ou de travaux de protection.

II. LA DÉMARCHE DE RÉVISION DES PPRI DU RHÔNE

II.1. Présentation du cadre d'études

a – Le bassin versant du Rhône²

Le Rhône est un fleuve d'Europe, long de 810 kilomètres. Il prend sa source dans le glacier de la Furka, en Suisse, à une altitude de 1 753 m, à l'extrémité orientale du Valais, dans le massif alpin du Saint-Gothard. Il parcourt 280 km en Suisse, se jetant dans le lac Léman pour en sortir à Genève. Il entre ensuite en France, où il parcourt 530 km. Il termine son cours dans le delta de Camargue pour se jeter dans la mer Méditerranée. Port-Saint-Louis-du-Rhône est la dernière ville sur le Rhône. Durant son périple français, 4 affluents irriguent 60 % du bassin versant français du fleuve : l'Ain, la Saône, l'Isère et la Durance.

La particularité du Rhône réside dans les aménagements successifs dont il a fait l'objet pour répondre aux besoins de navigation, d'irrigation et de production hydroélectrique qui ont profondément modifié les caractéristiques hydrauliques du fleuve. Il comporte notamment une vingtaine d'ouvrages de retenues d'eau exploités par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR). Celui de Génissiat, le plus en amont du Rhône français, est un barrage réservoir de 70 mètres de hauteur et d'une capacité totale de 53 millions de m³ (capacité utile de 12 millions de m³) qui barre totalement le lit du fleuve. Les autres ouvrages fonctionnent au fil de l'eau avec des dérivations vers les usines hydroélectriques pour tous les aménagements sauf celui de Vaugris qui ne comporte pas de dérivation. Il convient toutefois de noter que les tronçons court-circuités du Rhône ont conservé des milieux naturels diversifiés.

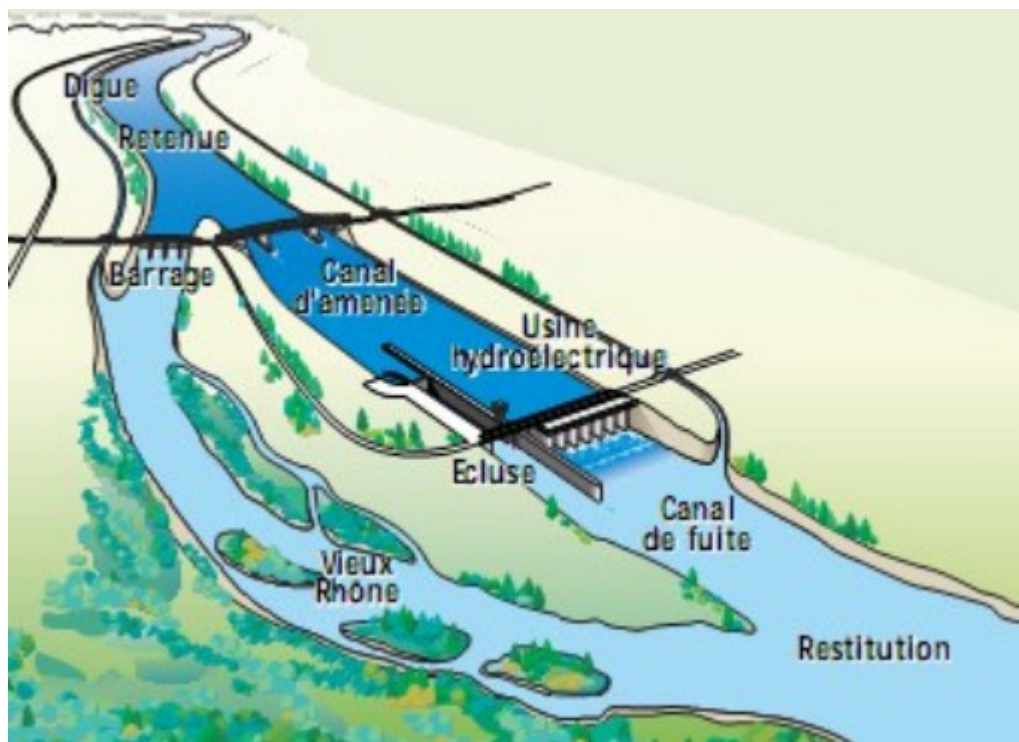
Un cours d'eau très aménagé depuis le XIXe siècle.

La morphologie du fleuve Rhône a beaucoup évolué du fait des aménagements multiples qui se sont succédé au cours du temps, on rappellera : les ouvrages de protection des villes (alignement de quais) réalisés après la crue de 1856, les épis Girardon chargés, à partir des années 1880, d'améliorer la navigation fluviale ou encore les aménagements hydroélectriques de la Compagnie nationale du Rhône après la Seconde Guerre mondiale.

Le linéaire rhodanien est aujourd'hui en grande partie artificialisé, à l'image des 19 aménagements hydroélectriques qui jalonnent le fleuve depuis Génissiat après la frontière suisse jusqu'à Vallabrègues, à l'amont du delta de Camargue. Par conséquent, si les crues historiques antérieures aux aménagements de la CNR nous enseignent certaines leçons de l'histoire longue des crues du Rhône, elles ne peuvent pas être utilisées comme des événements de référence qui pourraient se reproduire à l'identique aujourd'hui. Il faut ajouter à ces équipements les aménagements hydroélectriques importants réalisés sur des affluents. Aucun de ces aménagements n'a de fonction de rétention des crues. Ainsi, les consignes de gestion en période de crue sont basées sur le maintien de la sécurité de ces aménagements.

Selon le niveau de remplissage de la retenue avant un épisode de crue, cette gestion peut permettre de stocker une partie des débits entrant jusqu'au niveau maximal d'exploitation. Ensuite, les aménagements ont la capacité d'évacuer vers l'aval l'intégralité du débit entrant dans l'aménagement. Les principaux aménagements hydroélectriques des affluents du bassin du Rhône (Icograns sur l'Ain, Tignes et Monteynard sur le bassin de l'Isère, Serre-Ponçon et Sainte-Croix sur la Durance) interceptent moins de 10 % du bassin versant du Rhône ; ils peuvent avoir une influence sur les crues faibles du Rhône mais ils n'ont qu'une influence limitée sur les crues importantes du Rhône.

² source : évaluation préliminaire des risques d'inondation sur le bassin Rhône-Méditerranée - DREAL Auvergne/Rhône-Alpes - décembre 2011

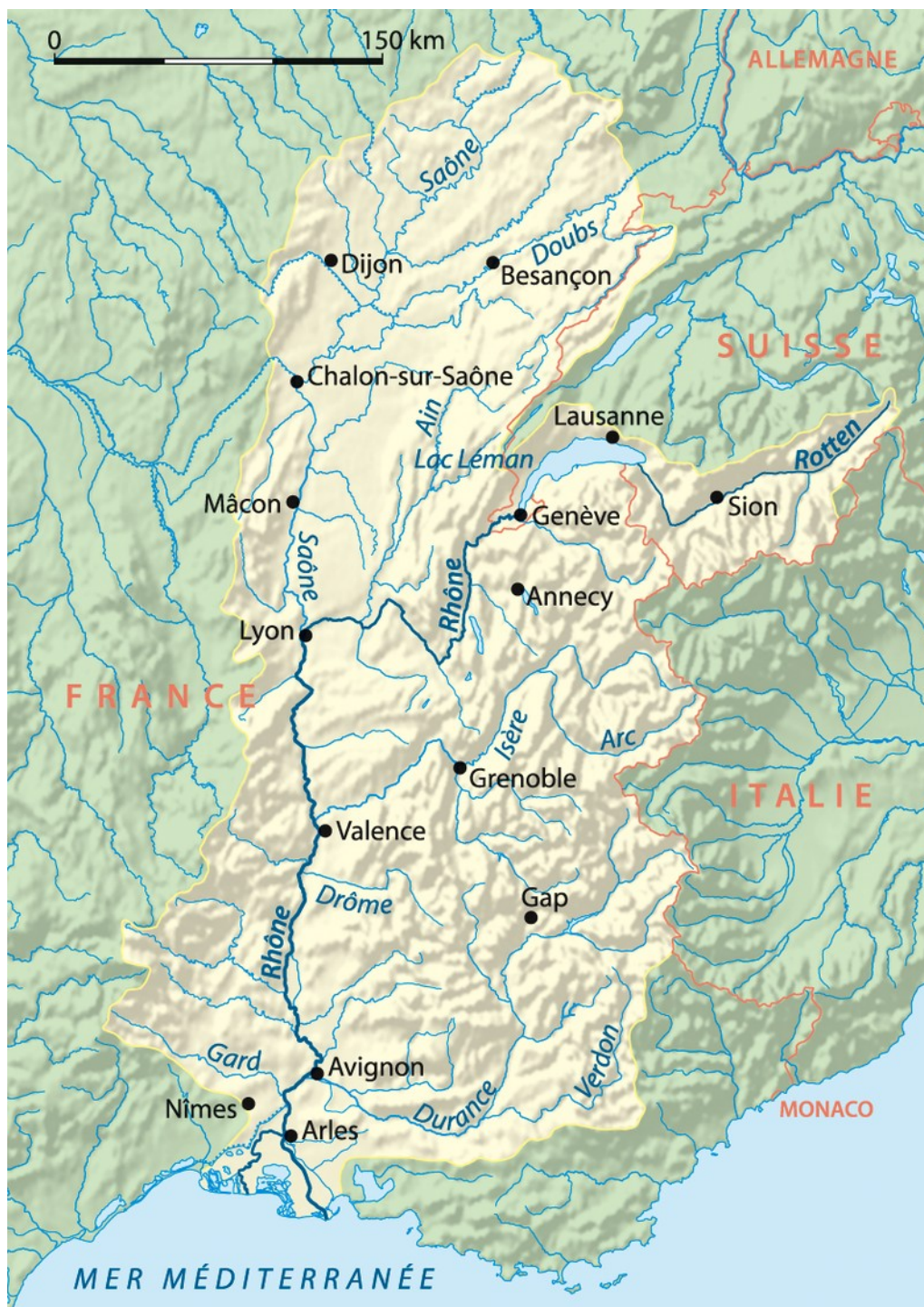


Aménagement type du Rhône

source : Compagnie Nationale du Rhône

L'impact des 19 aménagements hydroélectriques sur le Rhône (18 aménagements de la CNR et 1 aménagement EDF) sur le déroulement des crues n'est pas significatif, les consignes de conduite des aménagements étant basées sur les paramètres de la propagation naturelle avec un débit maximum admissible dans l'usine hydroélectrique (débit d'équipement) et un abaissement progressif du barrage dès les faibles crues pour faire passer le débit complémentaire. La configuration du Rhône aménagé conduit à distinguer le régime hydraulique des branches en retenue et des canaux usiniers de celui des branches non artificialisées : Vieux-Rhône (ou Rhône court-circuité) et Rhône naturel (entre deux aménagements). Les branches en retenue et les canaux usiniers répondent aux caractéristiques des barrages.

Les branches en retenue garantissent un haut niveau de sécurité : protection « millénaire » avec revanche de 0,5 ou 1 m, fonctionnement particulier (toujours en eau), encadrement réglementaire propre aux barrages et procédures précises de surveillance et de contrôle. Les espaces situés à l'arrière de ces ouvrages sont donc considérés comme des espaces soustraits à l'inondation.



Carte du bassin-versant du Rhône
source WikHydro (ministère de la Transition écologique et solidaire)

Le Rhône bénéficie d'une somme de connaissances importantes sur son fonctionnement.

On citera en premier les travaux de Maurice Pardé (Le régime du Rhône, Lyon, 1925) qui représentent une référence scientifique incontournable sur le fonctionnement hydrologique du Rhône et sur les paramètres des crues historiques du XIX^{ème} siècle et du début du XX^{ème}. Ensuite, le Rhône a fait l'objet d'études hydrauliques détaillées dans le cadre de la réalisation des aménagements hydroélectriques de la CNR entre les années 1940 et 1960. Plus récemment, suite aux crues importantes des années 1990, l'Etude globale sur le Rhône (1999-2002) a eu pour objet d'élaborer une stratégie de gestion du Rhône. Elle comprend les volets hydrologiques, hydrauliques, transport solide et enjeux qui ont chacun produit des données et des analyses consolidées sur l'ensemble du Rhône français.

A la variété des scénarios climatiques et hydrologiques régissant la formation des crues du Rhône, correspondent des conditions de propagation également variées. De plus les affluents sont nombreux et importants. Au total, la dynamique des crues sur le bassin du Rhône ne relève pas d'un simple et unique schéma.

En revenant à un découpage par grands tronçons, on peut en présenter les traits principaux. Sur le Rhône supérieur, en aval du Léman, la propagation de la crue est considérée comme semi-rapide. Les affluents alpins réagissent rapidement aux précipitations et l'augmentation des débits se répercute en quelques heures dans le Rhône. La crue se forme en une demi-journée après les épisodes de pluie sur le secteur le plus en amont. On notera cependant que la plaine de Chautagne et le lac du Bourget écrètent jusqu'à 500 m³/s sur un débit de 3000 m³/s du Rhône supérieur. Au niveau de la confluence de l'Ain, la crue arrive dans les 24 heures et continue à progresser durant une demi-journée, après avoir été à nouveau écrétée, pour des débits supérieurs à 1500 m³/s, dans la plaine de Brangues-Le Bouchage. La crue combinée du Rhône et de l'Ain arrive ensuite à Lyon en moins de 12 heures. Cette relative rapidité de la propagation des crues limite la durée de la phase la plus critique qui ne se prolonge en général pas au-delà de 2 jours à Lyon.

A l'aval de Lyon la crue semi-rapide du Rhône et la crue très lente et prolongée de la Saône se rassemblent pour se propager avec une double dynamique, souvent plus rapide dans un premier temps, puis plus lente dans un deuxième temps. Avant d'arriver à Valence, l'Isère et les affluents venant du Massif Central apportent chacun une nouvelle composante à la crue du Rhône en fonction des précipitations qu'ils ont reçues. Le débit de base met environ 12 heures à se propager entre Lyon et Valence, mais il peut être augmenté en quelques heures par celui des affluents de la rive droite et en une demi-journée par celui de l'Isère.

En descendant la vallée, la dynamique de la crue, tributaire des réactions des affluents méridionaux, se complexifie. On peut distinguer trois principales configurations. la première voit les crues formées entre Lyon et Valence s'atténuer vers l'aval quand les bassins des affluents ont été faiblement arrosés :

- la configuration qui produit des crues généralisées correspond à des apports répartis le long du cours. C'est la crue d'octobre 1993 et celle de mai 1856, avec toutefois un phénomène plus complexe comprenant plusieurs ondes de crue ;
- la dernière configuration correspond à une production prépondérante des affluents du cours aval. Elle peut s'observer à partir de débits faibles du Rhône à Lyon, la crue se formant essentiellement dans le cours aval (scénario des crues de 2002 et 2003). Les crues des affluents sont souvent décalées dans le temps, mais elles contribuent à augmenter les débits propagés.

b – Les crues historiques du Rhône

La connaissance des crues historiques permet de mieux comprendre les phénomènes et leurs conséquences. Elle contribue au maintien de la mémoire du risque et constitue la première étape de la détermination de la crue de référence.

Elle est issue des documents et observations disponibles, certains datant parfois d'une époque où les lits des cours d'eau avaient des caractéristiques et des occupations différentes. Aussi cette connaissance ne permet pas à elle seule d'élaborer les cartes de l'aléa d'inondation, mais elle permet de visualiser les événements anciens et de les mettre en perspective avec les plus récents qui ont pu être vécus par les habitants du territoire concerné par le présent PPRi.

L'histoire du Rhône est jalonnée d'épisode de crue plus ou moins dévastateurs.

Le milieu du XIX^{ème} siècle est caractérisé par la succession des deux crues de 1840 et 1856 qui demeurent des crues de références pour le Rhône par leur ampleur et leur durée, ces crues ayant été alimentées par des pluies localisées sur tout le cours du fleuve et ayant concerné la totalité de son bassin.

Les extraits du « Courrier de Lyon » ci-dessous donnent une idée de l'importance de **la crue de mai 1856** :

Vendredi 30 mai :

- 3 heures : la crue du Rhône est formidable et approche le niveau de 1840. La Saône a crû de plus de 1 mètre depuis hier et monte avec une rapidité menaçante.

- 8 heures : Cette nuit, vers 3 h du matin, la levée en terre de la Tête d'Or a crevé à hauteur du champ de manœuvre, le quartier des Charpennes et une partie de Villeurbanne sont inondés. Plusieurs maisons se sont écroulées et des cris de « au secours » se faisaient entendre de tous côtés. Ces scènes de destruction et de désolation se déroulent dans toute la vallée rhodanienne.

- 8 heures 30 : Depuis 24 heures, nous avons une pluie battante et sans interruption. L'île de la Barthelasse, les quais et les rues basses d'Avignon sont de nouveau submergés. La circulation du chemin de fer entre Valence et Avignon est interrompue.

- 20 heures : Le Rhône a atteint à 19 heures le niveau de 1840 et l'a même dépassé.

Samedi 31 mai :

- 4 heures 30 : Le préfet des Bouches du Rhône envoie un message de secours : « Envoyez-moi ce soir 10 000 kg de pain, nous sommes inondés ».

- 11 heures : (au ministère des Travaux Publics) « La vanne située à la partie supérieure de la ville a cédé sous la pression des eaux d'au moins 3m d'élévation et l'eau entre à flots dans la ville et on m'annonce l'effondrement de 15 à 20 maisons à Lapalud ».

- 19 heures : « La brèche des remparts n'a pas moins de 25 mètres de large. Le fleuve inonde toute les parties de la ville inférieures à la place de l'hôtel de Ville. L'eau y est à 4 mètres de hauteur dans toutes les rues inondées.

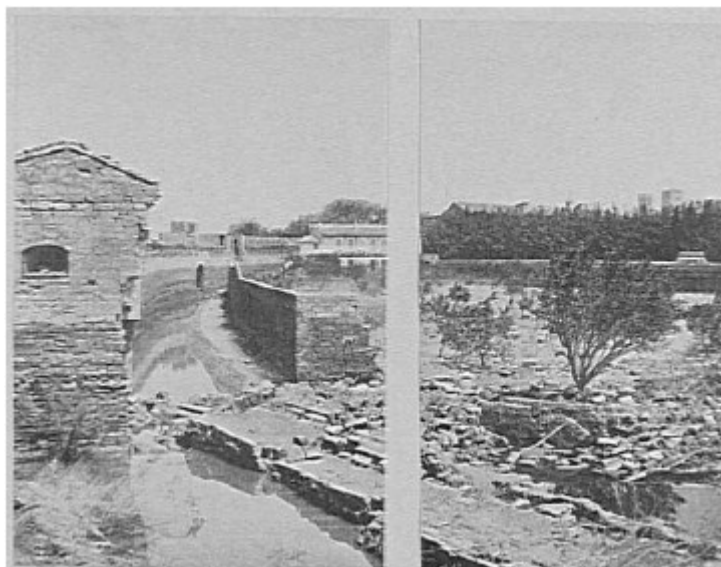
Dimanche 1er juin :

- 10 heures : « Le sous-préfet d'Orange m'écrit que toutes les digues du Rhône ont plus ou moins cédé à la pression des eaux.

Mardi 3 juin :

- 2 heures 30 : L'empereur Napoléon III pénètre dans la ville d'Avignon à l'aide d'un bateau et il est accueilli par de vifs élans de reconnaissance et d'enthousiasme de la population, il quittera la ville le même jour à 17 heures.

A Avignon, le maximum de la crue est atteint le 31 mai. Une vanne (conduit Perrot) cède au nord des remparts entre la porte de la Ligne et la porte Saint-Lazare et un pan des remparts s'écroule au niveau de la porte Saint-Dominique créant une brèche dans les remparts d'environ 30 m de large.



Remparts effondrés durant la crue de 1856 photographiés par Edouard Baldus à Avignon

Suite à ces inondations, des travaux de rénovation des remparts sont entrepris et un contre-mur est construit le long de des remparts pour le renforcer. Des travaux de renforcement sont également réalisés sur la digue de Bonaventure à Avignon pour l'exhausser et la consolider.



L'inondation de 1856 photographiée par Édouard Baldus à Avignon

Les crues du Rhône se succèdent durant les XIXème et XXème siècle : **1840, 1856, 1886, 1890, 1896, 1907, 1910, 1935, 1951, 1955, 1957, 1990, 1993, 1994, 2002, 2003...**

Parmi les crues marquantes en Vaucluse, on peut rappeler :

La crue de novembre-décembre 1935 :

Cette crue à forte composante méditerranéenne a surtout impacté le Rhône aval.

Sous l'influence d'un épisode cévenol remarquable, les affluents rive droite, notamment l'Ardèche et la Cèze, apportent tout d'abord d'importantes quantités d'eau au Rhône, causant de premiers débordements. Le décalage des précipitations vers l'est va ensuite impacter fortement les affluents rive gauche : le Lez, l'Aygues, l'Ouvèze et surtout la Durance. La succession de plusieurs épisodes pluvieux centrés sur la rive gauche du Rhône va provoquer une hausse des niveaux d'eau en particulier à la confluence entre Rhône et Durance, accentuant les débordements sur la ville d'Avignon. A Avignon, la cote maximum est atteinte le 14 novembre, à 7,32m.



Crue de novembre 1935 : Avignon - rue Henri Fabre

source : <https://unmondedepapiers.com> / Delcampe



Crue de novembre 1935 : Avignon - rue de la République

source : <https://unmondedepapiers.com> / Delcampe

Contrairement à la crue de 1856, les débordements constatés à Avignon n'ont pas été causés par des brèches mais par des infiltrations par les réseaux et par l'impluvium local, l'eau ne pouvant s'écouler du fait de l'encombrement des lits du Rhône et de la Durance.

Un épisode océanique a également eu lieu en décembre de la même année, provoquant de nouvelles inondations jusqu'en janvier 1936.

La crue de novembre 1951 :

La crue méditerranéenne de novembre 1951 touche principalement l'aval de Valence. A Avignon, la cote est proche de celle de 1935, puisqu'elle atteint 7,27m le 22 novembre, provoquant à nouveau débordements et inondations dans la ville.

L'inondation de 1951 a cela de particulier qu'elle constitue le dernier évènement dans la région avant une période de plus de 50 ans sans crue majeure, contribuant à l'érosion de la mémoire du risque.

De plus, les crues les plus récentes du Rhône se sont déroulées après la réalisation des aménagements du fleuve. Ces crues ont particulièrement marqué les esprits, les riverains ayant pu espérer que ces aménagements les protégeraient des inondations.

La crue de décembre 2003 reste la crue de référence pour les riverains du Rhône, de part son déroulement récent et l'ampleur des dégâts qu'elle a occasionnés.

A Avignon, le vieux Rhône inonde tout d'abord l'île de la Barthelasse, les eaux pénétrant par l'aval, remplissant ensuite les différents casier et franchissant les digues de la Barthelasse. Les hauteurs d'eau sur l'île dépassent par endroit les 3 m. Les digues Barnouin et du Parc des Libertés cèdent du fait de la présence de terriers. La ville d'Avignon est effectivement protégée

des inondations par les digues et les batardeaux mis en place, bien que des fuites soient observées au niveau du batardeau Ferruce sûrement dues à un problème de compactage. Le long du Rhône, les allées de l'Oulle sont inondées.



Batardeau du parking Ferruce durant la crue de décembre 2003

(source : Avignon au fil des crues du Rhône)

La plaine de Sorgues est inondée par les débordements de l'Ouvèze, notamment en partie basse du vieux village de Sorgues, et la remontée des eaux du Rhône via le bras des Arméniers. Les hauteurs dans la plaine entre le Rhône et Sorgues sont importantes, atteignant jusqu'à 2 m, la station d'épuration de la commune est noyée.

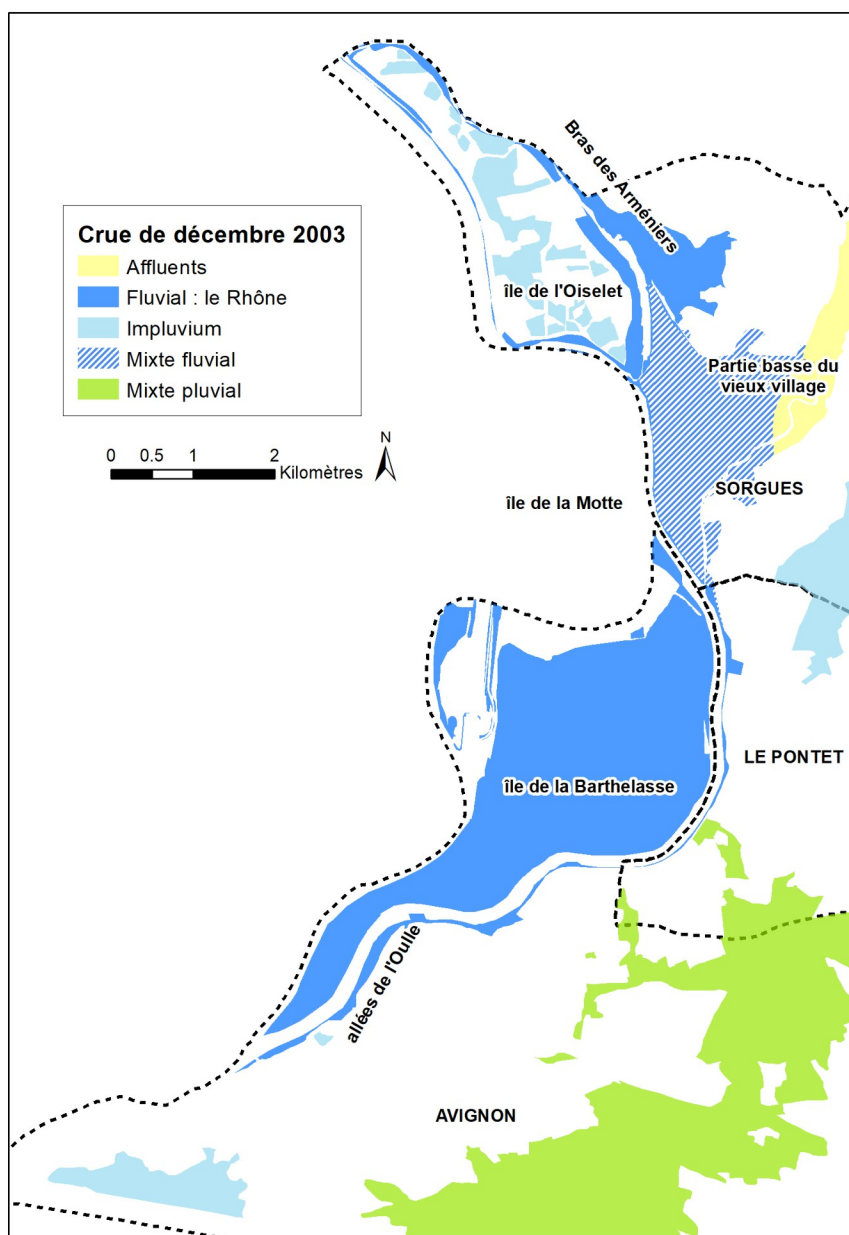
Cette crue majeure du Rhône (débit estimé à Beaucaire 11 500 m³), un peu inférieure à la crue de référence du PPRi a provoqué plusieurs ruptures de digues (Arles, Codolet, Laudun l'Ardoise...) et des dégâts importants estimés à 1 milliard d'euros.

Elle a fait l'objet de recueil de données :

- une campagne de photographies aériennes a permis de déterminer les surfaces inondées et de connaître le type d'inondation lié à cet événement ;
- des relevés des plus hautes eaux dans toutes les communes touchées dont 75 sur l'île de la Barthelasse à Avignon et 39 sur la commune de Sorgues ont permis de caractériser cet événement.

Ces données sont disponibles sur le site internet du Plan Rhône, l'étude ci-dessous décrivant la crue de 2003 :

<https://www.plan-rhone.fr/publications-131/la-crue-du-rhone-de-decembre-2003-1689.html?cHash=b00cf9aa1e8f641540d833b7a58469d4>



Enveloppe et type des inondations observées pour la crue de décembre 2003

c – L'exposition de la commune d'Avignon au risque d'inondation par le Rhône

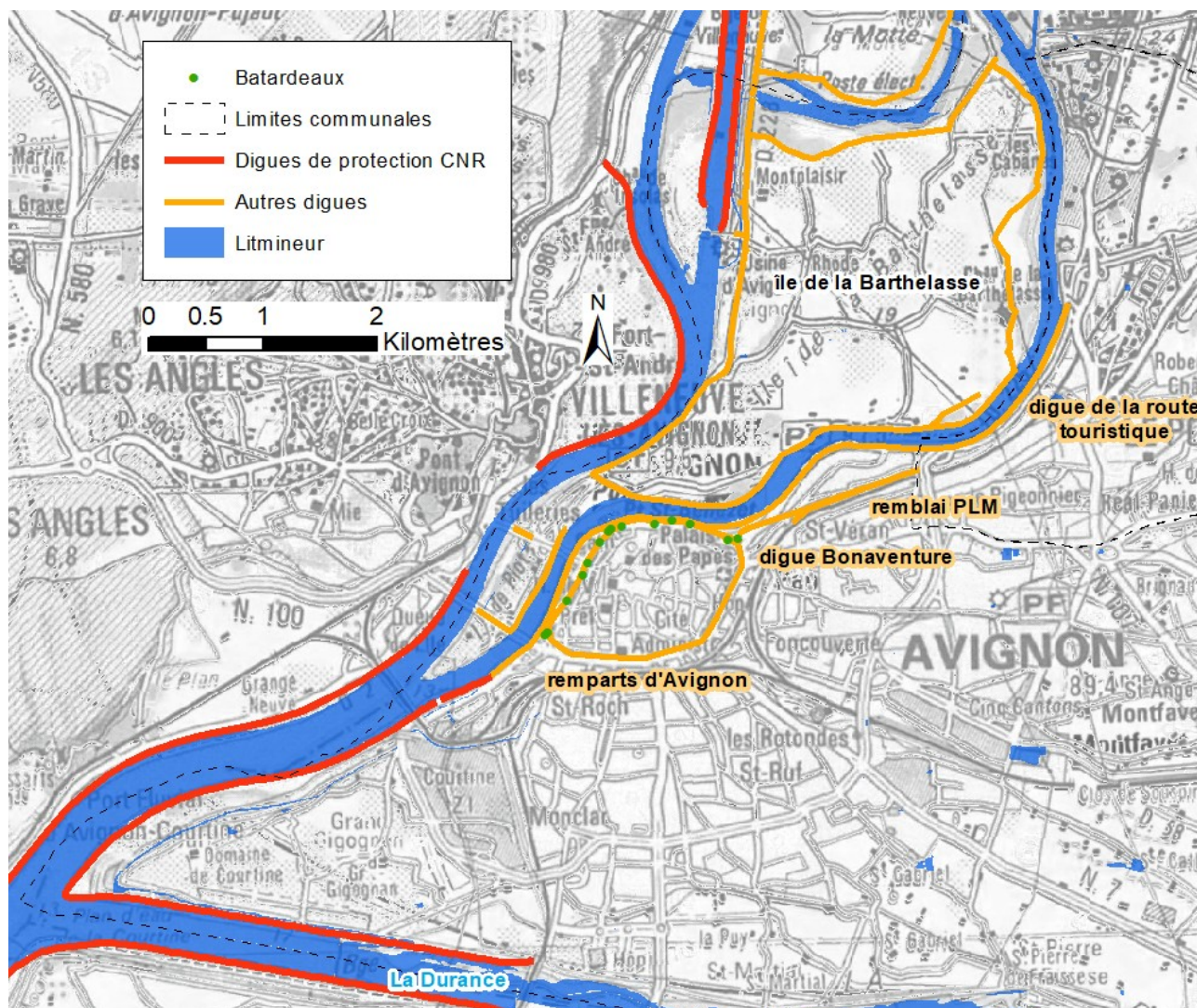
La commune d'Avignon a une population est de 92 378 habitants³ pour une superficie de 6 490 hectares.

L'île de la Barthelasse, principalement à destination agricole, est inondable par remous aval des eaux du vieux Rhône. Les digues qui l'entourent n'assurent une protection que pour les crues les plus fréquentes et d'ampleur limitée (de l'ordre de la crue décennale).

3 Données INSEE 2016

La ville d'Avignon est protégée des inondations du Rhône par plusieurs ouvrages, de l'amont vers l'aval :

- la digue de la route touristique et la digue Bonaventure en second rang ;
- les remparts nord équipés de batardeaux permettant de fermer les portes et poternes ;
- la digue de la petite hôtesse ;
- l'échangeur du pont de l'Europe ;
- la digue CNR sur le secteur de Courtine.



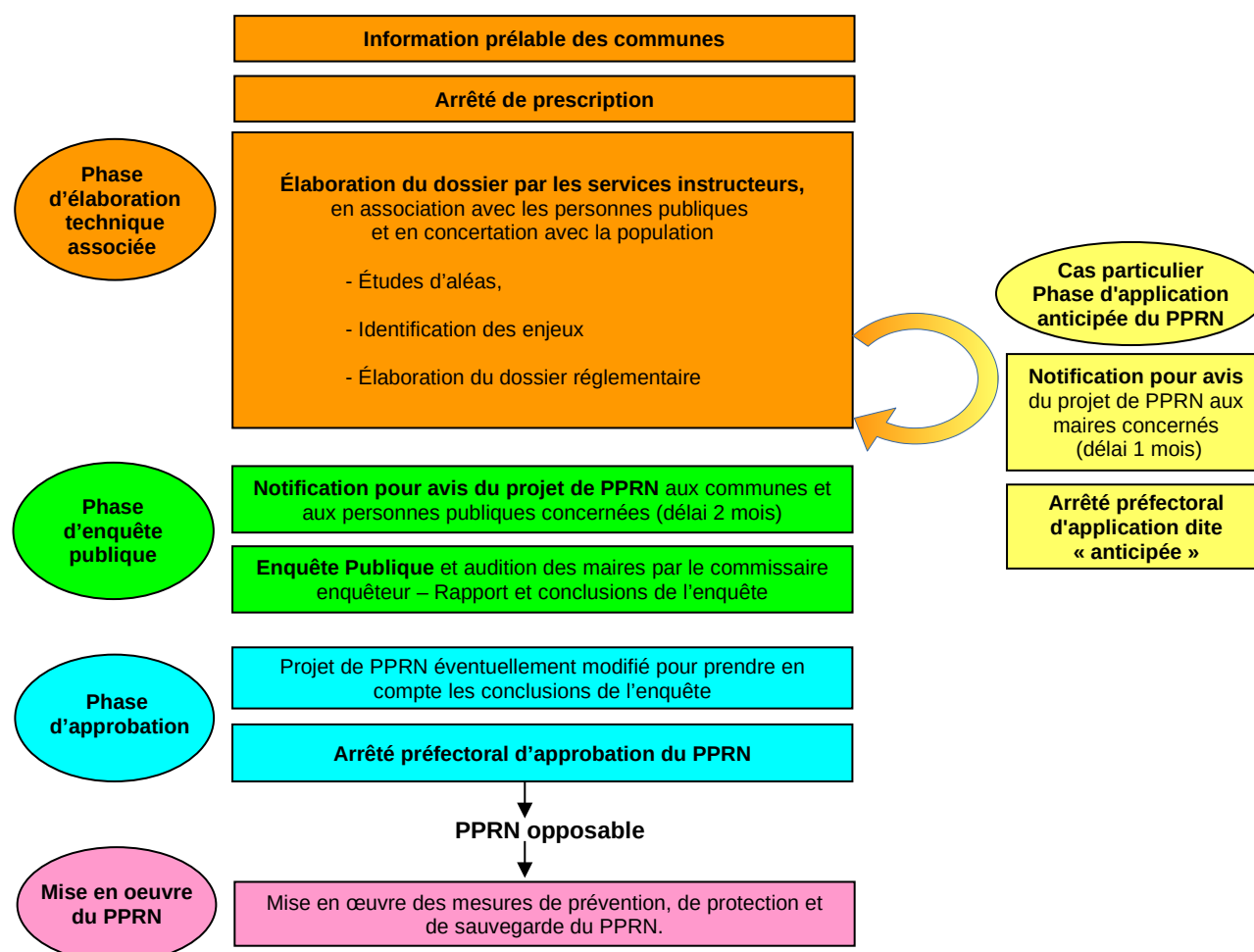
Si ces ouvrages sont tous en place, seules les allées de l'Oulle sont inondées par les débordements en rive gauche de la crue de référence.

Toutefois, bien qu'ils aient montré leur efficacité lors de la crue de décembre 2003, il est nécessaire d'envisager, particulièrement dans le cas de la crue de référence, plus longue et importante en volume que celle de 2003, une défaillance structurelle (rupture de digue et/ou des remparts en cas de mise en charge prolongée des ouvrages) ou fonctionnelle (difficultés rencontrées lors mise en place des batardeaux par exemple) qui entraînerait l'inondation du centre urbain de la ville d'Avignon, des zones résidentielles du sud du territoire et de la zone d'activité de Courtine.

II.2. Les phases d'élaboration du PPRi

La procédure d'élaboration des PPR est codifiée aux articles R.562-1 et suivants du code de l'Environnement.

Après la **prescription du PPR** par le ou les Préfets des départements concernés, l'élaboration comprend trois grandes phases, décrites ci-après : l'élaboration technique associée, l'enquête publique, et l'approbation.



a – Le PPRi du Rhône du 20 janvier 2000

Suite aux crues successives ayant touché le Vaucluse en 1992 (l'Ouvèze), 1993 (l'Eze, le Lez et le Rhône) et 1994 (Durance, Coulon/Calavon et Rhône), un vaste plan d'action est lancé qui comprend la limitation de l'urbanisation en zones inondables.

Le préfet de Vaucluse décide à l'été 1993 de lancer une procédure de création d'un périmètre de risques au titre de l'article R.111-3 (ancien) du code de l'urbanisme sur 10 communes de Vaucluse : Lapalud, Lamotte-du-Rhône, Bollène, Mondragon, Orange, Caderousse, Châteauneuf-du-Pape, Sorgues, Le Pontet et Avignon. Cette application de l'article R.111-3 devient une procédure d'élaboration d'un PPR inondation suite à la promulgation de la loi du 2 février 1995.

Le PPRi du Rhône est donc approuvé par un arrêté du préfet de Vaucluse du 20 janvier 2000 pour ces dix communes.

b – La prescription de la révision des PPRi du Rhône du 20 janvier 2000 et de l'élaboration des PPRi de Mornas et de Piolenc

Considérant la nécessité d'adapter les dispositions réglementaires de ce premier PPRi aux textes désormais en vigueur et de définir un périmètre cohérent incluant les communes de Mornas et de Piolenc, le préfet de Vaucluse prescrit par l'arrêté n°SI2002-05-07-0040-PREF du 7 mai 2002 :

- la révision des PPRi du 20 janvier 2000 pour les 10 communes concernées ;
- la réalisation d'un PPRi pour les communes de Mornas et de Piolenc.

La crue du Rhône de décembre 2003 a interrompu ce processus.

En effet, la mise en place du « Plan Rhône » dont les principes directeurs de la stratégie et en particulier le volet relatif au risque d'inondation ont été approuvés par le CIADT du 12 juillet 2005, a permis :

- la réalisation d'études techniques : étude générale Rhône (EGR) déterminant les lignes d'eau de la crue de référence, qui a permis une mise à jour du modèle de la Compagnie nationale du Rhône (CNR) ;
- l'acquisition de données : base de données topographiques (BDT Rhône)⁴ disponible depuis août 2010 ;
- l'arrêt des principes d'élaboration des PPRi du Rhône dans la « Doctrine Rhône » validée en commission administrative de bassin du 14 juin 2006.

L'élaboration de la révision des PPRi du Rhône n'a pu donc reprendre qu'à l'issue de ces phases techniques et réglementaires conduites par la DREAL Auvergne/Rhône-Alpes, service bassin Rhône-Méditerranée et plan Rhône.

c – La phase d'élaboration technique associée

La nouvelle cartographie de l'aléa de référence des PPRi du Rhône a été réalisée par la DREAL Auvergne/Rhône-Alpes, service bassin Rhône-Méditerranée et plan Rhône, qui s'est appuyée sur les résultats des études appelées précédemment.

Des différences peuvent ainsi apparaître dans certains secteurs par rapport aux cartes du PPRi de 2000, établies à partir du Plan des Surfaces Submersibles (PSS) du 6 août 1986 et calées sur les cotes des plus hautes eaux relevées lors de la crue de janvier 1994 qui s'est avérée bien inférieure à celle de 2003.

La crue de référence du PPRi (voir plus loin § III.1.a), basée sur la crue de 1856 aux conditions actuelles d'écoulement) est supérieure à celle du PPRi de 2000, en termes d'occurrence mais aussi de durée : les volumes en jeu sont donc plus importants. Ceci explique que le lit majeur du Rhône a mécaniquement tendance à se remplir davantage, amenant l'eau de plus en plus loin et de plus en plus haut au fur et à mesure de l'écoulement de la crue, à l'image d'une baignoire dont le robinet d'alimentation coulerait plus longtemps. Par ailleurs, des digues qui ont pu jouer un rôle de protection pour des crues plus fréquentes, se retrouvent effacées car submergées lors de la survenue de la crue de référence : les zones protégées se retrouvent alors en eau.

4 Modèle numérique de terrain construit par l'IGN à partir de données LIDAR

La méthode utilisée par la DREAL Auvergne/Rhône-Alpes pour déterminer les enveloppes inondables est la projection horizontale de la ligne d'eau de référence en lit mineur calculée avec le modèle hydraulique de la CNR (dans le cadre de la convention d'utilisation partagée Etat-CNR) sur le lit majeur, avec utilisation du modèle de la CNR pour apprécier les pertes de charges par casiers hydrauliques, ainsi que pour tenir compte des zones de remontée par l'aval. Cette méthode a été arrêtée dans le cadre du groupe de suivi des PPRi du Rhône et validée en fin 2007. Cet aléa a été calé sur les relevés de la crue de 2003 (cf. description détaillée au §III.2 et en annexe 1).

Elle est bien adaptée à la partie amont du bassin du Rhône dans le Vaucluse, depuis la commune de Lapalud jusqu'à celle de Châteauneuf-du-Pape, secteur assez peu urbanisé qui s'inonde directement par déversement du Rhône non aménagé, ou par remontée avale ou déversement (déversoirs de Caderousse).

Les PPRi révisés des communes de Bollène, Caderousse, Châteauneuf-du-Pape, Lamotte-du-Rhône, Lapalud, Mondragon et Orange, établis directement à partir de cette méthode, et les PPRi des communes de Mornas et Piolenc, ont donc pu être approuvés le 8 avril 2019.

Le secteur des communes d'Avignon, Le Pontet et Sorgues étant par contre très urbanisé et présentant un fonctionnement hydraulique complexe, la détermination des aléas a nécessité la construction d'un modèle hydraulique en deux dimensions (2D) complémentaire (cf. description détaillée au §III.2 et en annexe 2). La révision des PPRi de ces trois communes a donc été décalée dans le temps.

Cette phase essentielle de production des cartes des aléas d'inondation se poursuit par l'établissement des cartes d'enjeux, permettant la réalisation des cartes de zonage réglementaire et du règlement associé, en association avec les communes (cf. §II.3.a ci-après).

d – La consultation, l'enquête publique et l'approbation du PPRi

Après la présentation de ces projets au public pendant la phase de concertation, les projets de PPRi amendés suite à la prise en compte des observations recueillies sont adressés aux Personnes et Organismes Associés (POA) pour une consultation d'une durée de deux mois (cf. chapitre II.3 ci-après).

A l'issue de cette période de consultation, les projets de PPRi, complétés par les avis recueillis, font l'objet d'une enquête publique.

Le dossier mis à l'enquête comprend :

- le rapport de présentation, auquel sont annexées les cartes d'aléas et d'enjeux ;
- les cartes de zonage réglementaire ;
- le règlement ;
- le bilan de la concertation ;
- les avis des conseils municipaux et des autres POA consultés.

L'enquête publique dure 30 jours minimum (cf. chapitre II.4 ci-après).

Après l'enquête, le PPRi peut être modifié pour prendre en compte les observations issues de l'enquête publique.

Le préfet peut ensuite approuver le PPRi par arrêté préfectoral.

II.3. La mise en œuvre de l'association, de la concertation et de l'enquête publique

a – L'association des communes et des autres personnes et organismes concernés

L'association avec les collectivités et les personnes et organismes associés a été conduite tout au long de la révision du PPRi du Rhône.

Cette association s'est d'abord déroulée dans un calendrier commun aux trois communes concernées par la révision, avant d'être décalée entre Avignon d'un côté et Sorgues et Le Pontet de l'autre, en raison des nombreux enjeux nouvellement impactés sur la commune d'Avignon, puis d'être à nouveau conjointe une fois le décalage résorbé.

Dans le cadre de la réalisation de l'étude hydraulique, deux comités de pilotage ont réuni les communes et EPCI associés en mai 2017 et janvier 2018, respectivement au moment du lancement et de la finalisation de l'étude hydraulique.

Une réunion générale d'information sur l'élaboration du document a eu lieu avec les personnes et organismes associés (POA) à la révision des PPRi du Rhône pour les communes de Sorgues et Le Pontet :

- le 3 juillet 2019, à la préfecture de Vaucluse : rappel du contexte et des modalités de la révision des PPRi du Rhône sur les communes de Sorgues et Le Pontet ; présentation de la cartographie des aléas et des enjeux ; suite de la procédure (zonage, règlement et concertation avec le public) : modalités et calendrier prévisionnel

Une autre réunion des POA est programmée à l'issue des phases d'association et de concertation avec la population, juste avant la consultation des POA. Elle concerne cette fois les communes d'Avignon, Sorgues et Le Pontet et a pour objet de présenter le bilan de la concertation et d'introduire la phase de consultation à suivre.

Ces POA sont les suivantes :

- **Les collectivités territoriales concernées :**
 - les communes ;
 - les EPCI concernés (communauté de communes des Sorgues du Comtat, Grand Avignon) ;
 - le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
 - le Conseil départemental de Vaucluse ;
- **L'EPCI compétent pour l'élaboration des schémas de cohérence territoriale (SCOT) :**
 - le Syndicat mixte du bassin vie d'Avignon ;
- **Les autres personnes compétentes :**
 - la Chambre d'agriculture de Vaucluse ;
 - la Chambre de commerce et d'industrie de Vaucluse ;
 - le Centre national de la propriété forestière (CNPF) ;
 - le Service départemental d'incendie et de secours de Vaucluse (SDIS) ;
 - la Compagnie nationale du Rhône ;
 - l'Unité départementale de l'architecture et du Patrimoine de Vaucluse ;
 - le pôle Plan Rhône de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes.

L'association a été étroite avec les communes concernées. De nombreuses réunions en salle et sur le terrain se sont tenues en présence des élus de chacune des communes tout au long de l'élaboration du projet de révision du PPRi.

Les conseillers municipaux ont pris connaissance, notamment à chaque phase d'études, des documents de travail qui leur ont été présentés. Ils ont pu émettre des observations, relever d'éventuelles erreurs et apporter des informations complémentaires. Toutes ces remarques ont pu, le cas échéant, être reprises pour affiner ou corriger les documents d'études, en particulier en ce qui concerne la prise en compte des enjeux communaux.

Les tableaux ci-après présentent la synthèse des principales réunions d'association qui se sont déroulées avec la commune d'Avignon :

Phase d'association	Date / période	Objet de la phase d'association
1 - Première réunion avec la commune : travail sur les enjeux	16/11/2018 fin 2018	- Rappel du cadrage - Avancement de l'étude - Travail sur la cartographie des enjeux
2 - Deuxième réunion avec la commune : présentation de la carte des aléas	11/02/2019	- Présentation de la cartographie des aléas - Présentation des principes de base du zonage réglementaire
Bilatérale Préfet / Maire + réunion technique aléas	10/07/2019 10/09/2019	Présentation de l'aléa et conséquences de la prise en compte du risque d'inondation pour la ville d'Avignon
3-4-5-6 Troisième à sixième réunions avec la commune : poursuite du travail sur les enjeux	15/10/2019 27/11/2019 09/01/2020 05/03/2020 fin 2020	- Travail sur la cartographie des enjeux
7-11 - Septième à onzième réunions avec la commune : travail sur le zonage et le règlement, validation du projet de révision du PPRi, préparation de la concertation	10/05/2021 29/07/2021 10/09/2021 21/09/2021 11/10/2021 fin 2021	- Travail sur le règlement et la carte de zonage - Validation des versions des cartes de zonage, des enjeux et des aléas à présenter en phase de concertation - Validation de la version du règlement à présenter en phase de concertation - Préparation de la concertation avec la population

Les points relatifs à la prise en compte des enjeux, notamment avec le PLU de la commune en cours de révision à la même période, ont été plus particulièrement abordés.

De façon générale, ont également été prises en compte des observations sur la carte de zonage et plusieurs remarques et suggestions des services associés afin d'améliorer la lisibilité et faciliter la mise en œuvre du règlement.

b – La concertation avec la population

La phase de concertation avec le public vise à :

- informer et sensibiliser les administrés au risque d'inondation du Rhône ;
- faciliter la compréhension et l'appropriation du projet de PPRi du Rhône par :
 - la présentation de la méthode d'élaboration du PPRi, de son contenu et des principes de prévention projetés ;
 - l'explication de la procédure et de la portée juridique du futur PPRi – en mettant en évidence les moments privilégiés d'intervention du public que sont la concertation puis l'enquête publique ;
 - la mise à disposition du volet réglementaire du PPRi, permettant à chaque administré de prendre connaissance des dispositions particulières envisagées sur son terrain ;
- échanger avec le public, répondre à ses questions et recueillir ses observations sur le projet de PPRi ;
- procéder aux vérifications utiles pour prendre en compte certaines des observations émises et finaliser le projet avant de le soumettre à l'enquête publique.

Aussi, une phase de **concertation avec la population a été organisée du 9 février 2022 au 10 mars 2022 pour les communes de Sorgues et du Pontet, et du 10 février 2022 au 10 mars 2022 pour la commune d'Avignon.**

Dans le but de favoriser au maximum l'accès à l'information du public, plusieurs actions ont été menées :

✓ Affichage

Cinq panneaux d'exposition de format 40 × 80 cm ont été mis à disposition et installés dans les mairies de Sorgues, Le Pontet et Avignon.

✓ Site internet

L'ensemble des éléments diffusés dans le cadre de la concertation (panneaux d'exposition, communiqués de presse, présentations des réunions publiques, projets de règlement et de plan de zonage) ont été tenus à la disposition du public via le site Internet de la préfecture de Vaucluse.

✓ Projet de PPRi mis à disposition dans chaque mairie

Les projets de règlement et de plan de zonage communal ont été tenus à la disposition du public dans chaque mairie.

✓ Messagerie électronique

Une messagerie électronique dédiée a été mise à disposition du public, pour permettre à chacun de questionner directement l'administration au sujet du projet de révision.

- ✓ Des temps d'échanges avec la population : **réunions publiques et séances d'accueil**

3 réunions publiques : compte tenu du contexte sanitaire actuel, ces réunions publiques se sont tenues sous une forme dématérialisée, en présence des services de la direction départementale des territoires (DDT) :

Réunion publique consacrée à la commune de :	Date de la réunion publique
Sorgues	le mercredi 9 février à 18h30
Le Pontet	le jeudi 10 février à 18h30
Avignon	le vendredi 11 février à 18h30

10 séances d'accueil du public :

Séances d'accueil ouverte aux administrés des communes de :	Lieu de la permanence
Sorgues	le jeudi 17 février de 14 h à 18 h le mardi 1er mars de 14 h à 18 h en mairie (centre administratif)
Le Pontet	le lundi 21 février de 15 h à 19 h le lundi 7 mars de 15 h à 19 h Salle Monique Desruelle au Pontet
Avignon	le mardi 15 février de 15 h à 19 h le vendredi 25 février de 15 h à 19 h le vendredi 4 mars de 15 h à 19 h DDT84 – site d'Avignon Cité administrative – avenue du 7 ^e génie
Châteauneuf-du-Pape	le mercredi 23 février de 15h à 19h le lundi 28 février de 15h à 19h le mardi 8 mars de 15h à 19h DDT84 – site de Vedène Quartier Sainte-Anne

L'information de la population sur ces dispositifs s'est faite par :

- ✓ **communiqué de presse :**

Un communiqué de presse du Préfet de Vaucluse a été largement diffusé aux médias vauclusiens le 7 février 2022, pour annoncer les réunions publiques, la mise à disposition des documents et de la messagerie électronique, ainsi que les séances d'accueil du public.

- ✓ **envoi à chaque commune** des affiches, des projets de cartes et du règlement : remise en mains propres en mairie avant le début de la concertation

Au final, le public a donc eu la possibilité de :

- ✓ s'informer sur le PPRi en consultant les affiches diffusées en mairies et les documents mis à disposition sur l'espace internet dédié au PPRi du Rhône ;
- ✓ consulter le projet de PPRi communal (projets de règlement et de plan de zonage communal) tenu à la disposition du public dans les mairies, ainsi que sur le site internet dédié ;
- ✓ formuler des questions et observations lors des séances d'accueil et via la messagerie électronique dédiée.

c – La consultation des personnes et organismes associés (POA)

Préalablement à l'enquête publique, le projet de PPRi a été adressé, pour une consultation d'une durée de deux mois, aux POA suivantes :

- ✓ la commune d'Avignon ;
- ✓ l'EPCI concerné (communauté d'Agglomération du Grand Avignon) ;
- ✓ le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
- ✓ le Conseil départemental de Vaucluse ;
- ✓ le Syndicat mixte compétent pour l'élaboration du schéma de cohérence territoriale du bassin vie d'Avignon ;
- ✓ la Chambre d'agriculture de Vaucluse ;
- ✓ la Chambre de commerce et d'industrie de Vaucluse ;
- ✓ le Centre national de la propriété forestière (CNPF) ;
- ✓ le Service départemental d'incendie et de secours de Vaucluse (SDIS) ;
- ✓ la Compagnie nationale du Rhône ;
- ✓ l'Unité départementale de l'architecture et du Patrimoine de Vaucluse ;
- ✓ le pôle Plan Rhône de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes.

Le bilan de la consultation des POA est résumé dans le tableau de synthèse ci-après :

	Avis Favorable	Avis Défavorable	Accord tacite réputé favorable
Ville d'Avignon	1	0	0
CA Grand Avignon	0	0	1
Autres POA (10)	3	0	7
TOTAL (12)	4	0	8

Le bilan de la concertation ainsi que le recueil des avis des POA font partie des pièces du dossier d'enquête publique.

II.4. Le déroulement de l'enquête publique

a – L'organisation de l'enquête

L'arrêté préfectoral 84-2022-10-10-00002 a précisé les éléments relatifs à l'organisation de l'enquête, en conformité avec les obligations réglementaires fixées par le code de l'environnement :

- ✓ Le siège de l'enquête a été fixé en mairie d'Avignon ;
- ✓ Sa durée a été fixée à 36 jours entre le 4 novembre et le 9 décembre 2022 ;
- ✓ 5 permanences ont été prévues, en adéquation avec les difficultés prévisionnelles et la mobilisation du public sur le territoire concerné ;
- ✓ Le public avait la possibilité d'exprimer ses observations sur les registres papiers annexés aux dossiers en mairie d'Avignon et au Service de l'Urbanisme, par courrier postal adressé à la présidente de la commission d'enquête et par voie électronique via le registre dématérialisé mis en place à cette occasion, ou l'adresse de messagerie spécifique qui lui était associée.

b – Bilan de la participation

Tableau de synthèse :

Public qui s'est exprimé	Personnes morales	Particuliers	Total
Nombre de « personnes » qui se sont exprimées	3	5	8
Nombre d'observations formalisées aux registres papiers		3	3
Nombre d'observations formulées directement au registre dématérialisé	3	2	5
Nombre de courriels annexés au registre dématérialisé	0	0	0

On note par ailleurs, une fréquentation soutenue du registre dématérialisé : 319 visiteurs ; 44 téléchargements ; 94 visionnages.

Tous les éléments relatifs à l'organisation et au déroulement de l'enquête publique sont détaillés dans le rapport et les conclusions de la commission d'enquête et sont consultables pendant un an aux lieux et adresses suivants :

- ✓ en mairie d'Avignon ;
- ✓ à la direction départementale des territoires de Vaucluse – service forêt, risques et crises – unité prévention et culture du risque – 84 905 Avignon Cedex 9;
- ✓ sur le site internet de la préfecture de Vaucluse <http://www.vaucluse.gouv.fr> ;
- ✓ sur le site dédié à l'enquête publique dématérialisée <https://www.registredemat.fr/ppri-rhone-avignon>.

III. LES ÉTUDES TECHNIQUES DE RISQUE

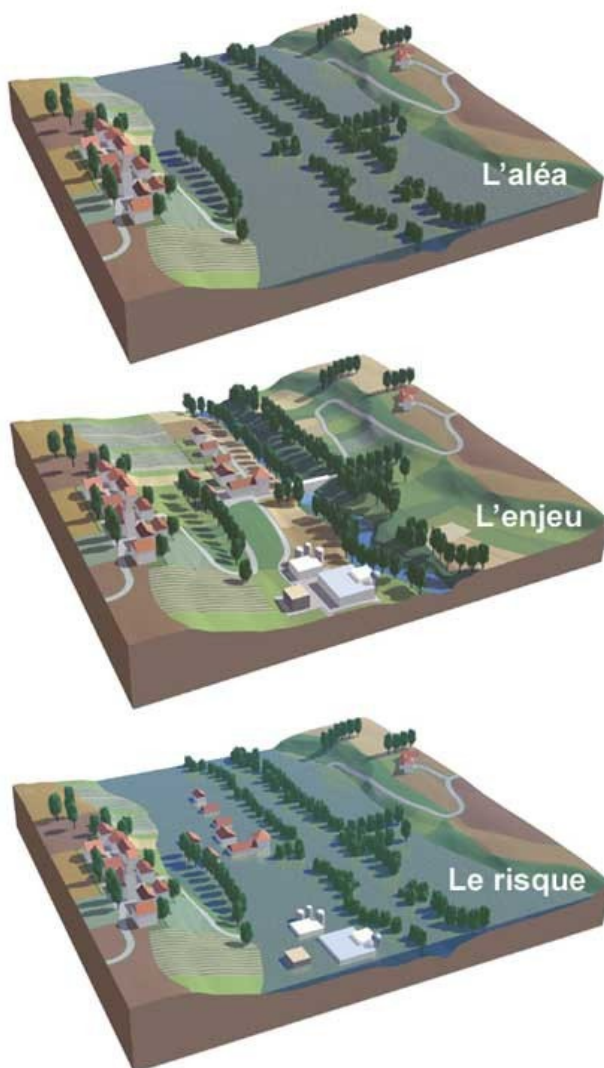
La connaissance du **risque** est basée sur l'identification de **l'aléa** lié au phénomène naturel (l'inondation) et des **enjeux** qui sont exposés à ce phénomène.

L'aléa traduit la manifestation physique, ou encore l'intensité d'un phénomène naturel potentiellement dommageable d'occurrence donnée.

Les enjeux exposés correspondent à l'ensemble des personnes et des biens (enjeux humains, socio-économiques et/ou patrimoniaux) susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.

Le risque résulte de la combinaison de ces deux facteurs. L'importance du risque est déterminée en fonction de l'intensité des aléas et de l'importance et la vulnérabilité des enjeux.

La première phase d'étude techniques a eu pour objet de décrire et de caractériser le phénomène physique d'inondation, associé à deux types de crues réglementées par le PPRi : la crue dite « de référence » et la crue dite « exceptionnelle ». Cette étude d'aléas s'appuie sur plusieurs approches décrites ci-après.



III.1. Les notions utiles

a – La crue de référence

Le PPRi a pour objectif de prémunir les personnes et les biens d'une crue susceptible de se produire avec une période de retour choisie : c'est la « crue de référence ». **Selon les textes nationaux⁵, la crue de référence correspond soit à la crue d'occurrence centennale, soit à la plus forte crue connue si elle lui est supérieure.**

Pour définir la crue de référence, il est nécessaire d'étudier les différentes crues historiques répertoriées sur le bassin versant et d'en déterminer la période de retour ou probabilité d'occurrence. Comme on l'a vu précédemment, les crues historiques du Rhône sont nombreuses et bien documentées.

C'est donc la crue de 1856, un peu supérieure à la crue centennale, qui a été retenue comme aléa de référence sur le Rhône à l'aval de Lyon. Les paramètres de cette crue sont bien connus grâce aux travaux de Maurice Pardé⁶. Elle correspond à des débits de 6 100 m³/s à l'aval du confluent Rhône Saône et de 12 500 m³/s au niveau de Beaucaire, soit un débit de 10 200 m³/s en amont de l'aménagement de Sauveterre.

Néanmoins, la configuration du fleuve ayant été fortement modifiée par les aménagements majeurs effectués entre les années 1940 (aménagement du barrage de Génissiat) et 1986 (fin de l'aménagement du Haut-Rhône – barrage de Sault-Brénaz) par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) pour exploiter le potentiel hydroélectrique du fleuve, favoriser la navigation et permettre l'irrigation, les conditions d'écoulement différentes de celles des grandes crues du XIX^{ème} siècle.

Par conséquent, entre Lyon et Beaucaire, **la doctrine Rhône définit l'aléa de référence comme la crue historique de 1856 modélisée aux conditions actuelles d'écoulement** (et avec des conditions de fonctionnement de chaque ouvrage CNR bien identifiées).

b – Caractérisation de l'aléa

L'aléa traduit la manifestation physique, ou encore l'intensité d'un phénomène naturel potentiellement dommageable d'occurrence donnée.

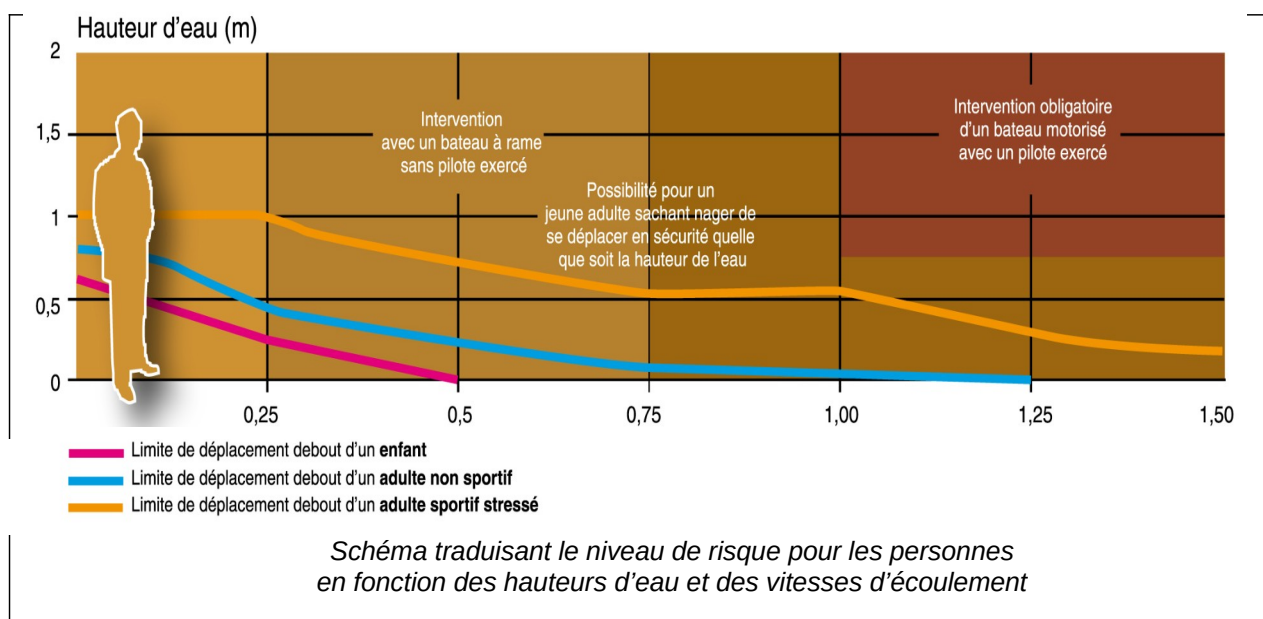
Deux paramètres de l'écoulement, qui déterminent le niveau de risque pour la sécurité des personnes, sont généralement retenus comme **les grandeurs caractéristiques de l'aléa inondation : la vitesse d'écoulement et la hauteur d'eau.**

En effet, le retour d'expérience des services de secours intervenant pendant les inondations a montré que ces paramètres influent sur les possibilités de déplacement des personnes :

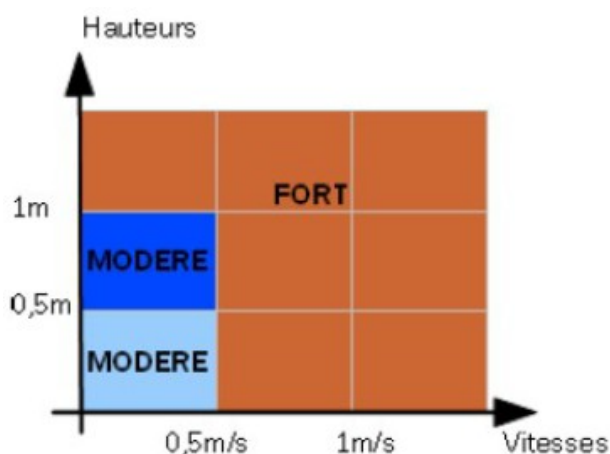
- pour une hauteur d'eau de 0.5 m une voiture peut être soulevée par l'eau et emportée par le courant, même pour des vitesses moyennes (inférieures à 0.5m/s) ; la hauteur de 0.5 m est aussi la limite de déplacement des véhicules d'intervention classiques de secours ;
- fortes difficultés dans les déplacements des piétons dans l'eau dès 0.5m de hauteur, encore accrues lorsque les vitesses d'écoulement augmentent ; plus de perception du sol (trottoirs, fossés, bouches d'égout ouvertes...), stress...

⁵ Circulaires du 24 janvier 1994, 30 avril 2002 et 21 janvier 2004 (voir partie I.1.b)

⁶ Thèse sur le régime du Rhône soutenue en 1925 devant l'université de Grenoble



Par conséquent, deux classes d'aléa sont définies en fonction de la hauteur de submersion et des vitesses d'écoulement selon la grille de la doctrine Rhône (crue lente) suivante.



Dans la cartographie des aléas de chaque commune, les aléas sont représentés de manière plus détaillée, à titre informatif : l'aléa modéré est décomposé en aléa « modéré haut » ($0,5 \text{ m} \leq h < 1 \text{ m}$) et « modéré bas » ($0 \text{ m} < h < 0,5 \text{ m}$) et l'enveloppe de la crue exceptionnelle (d'occurrence millénale) est également représentée.

c – La crue exceptionnelle

Les textes nationaux rappellent la nécessité de prendre en compte des inondations supérieures à la crue de référence : « Les événements les plus récents, qui se sont produits dans certains de vos départements en 1999, 2002 et 2003, ont montré qu'au-delà de toute notion de période de retour, les inondations pouvaient fréquemment réoccuper l'ensemble de la plaine alluviale des cours d'eau. Il vous faut donc intégrer dans vos réflexions les conséquences d'une crue plus forte, notamment sur la base de la crue exceptionnelle de référence "hydrogéomorphologique", pour pouvoir, après la délimitation des niveaux d'aléas, traiter les choix d'urbanisation, l'information de la population et la préparation de la gestion de crise. » (circulaire du 21 janvier 2004).

C'est pourquoi les cartes d'aléa du PPRi du Rhône font figurer les secteurs inondables par la « crue de référence » mais également l'enveloppe de la crue estimée de fréquence millénale.

III.2. Les études conduites pour déterminer l'aléa d'Avignon

Les nouvelles cartes de l'aléa d'inondation qui figurent dans ce dossier de la révision du PPRi du Rhône sont basées sur des études réalisées par la DREAL de bassin Auvergne-Rhône-Alpes, service bassin Rhône-Méditerranée et plan Rhône.

Le Rhône bénéficie d'une somme de connaissances importantes sur son fonctionnement, rappelées au §II.1.a.

Après les travaux de Maurice Pardé, les études réalisées pour les aménagements hydroélectriques de la CNR et l'Etude globale sur le Rhône (1999-2002), de nouvelles campagnes d'études ont eu lieu suite à la crue de 2003.

La mise en œuvre du Plan Rhône, dont les principes directeurs de la stratégie ont été approuvés par le comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire (CIADT) du 12 juillet 2005, et en particulier le volet relatif au risque d'inondation a permis de financer la mise à jour des études précédentes et d'acquérir des bases de données, dont la base de données topographiques (BDT Rhône) disponible depuis août 2010.

Ces nouvelles données ont permis de procéder au calcul des lignes d'eau en lit mineur, en utilisant le modèle calé pour l'Étude Globale sur le Rhône, avec des hypothèses de fonctionnement dégradé des aménagements hydroélectriques en période de crue (précisées précédemment pour chaque scénario). Ce modèle hydraulique disponible permettant de calculer les lignes d'eau de crue est celui qui est mis en œuvre et actualisé par la CNR depuis l'entrée du Rhône en France jusqu'au barrage de Vallabrègues, qui peut donc être utilisé pour les communes de Vaucluse dans le cadre de la convention d'utilisation partagée de ce modèle entre la CNR et l'État.

Les cartes de l'aléa d'inondation qui figurent dans ce dossier de la révision du PPRi du Rhône sont basées sur l'étude hydraulique réalisée par le bureau d'études BRLi, à partir de ces données entrantes fournies par le modèle de la CNR.

La détermination de l'aléa nécessite la connaissance des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement maximales en tout point de la zone d'étude.

Ce calcul des hauteurs d'eau et vitesses a été effectué en mettant en œuvre une modélisation hydraulique bidimensionnelle afin d'intégrer finement le caractère multidirectionnel des écoulements, notamment sur les différentes îles du secteur d'étude ainsi que dans les zones urbanisées d'Avignon, Le Pontet et Sorgues et dans l'intra-muros d'Avignon.

Ce modèle intègre les données bathymétriques des lits du Rhône, et les dernières données topographiques disponibles en champ majeur (BDT Rhône), correspondant à un modèle numérique de terrain de type lidar. Les infrastructures routières et ferroviaires en remblais sont également intégrées en prenant en compte leurs ouvertures, ainsi que les remparts d'Avignon équipés ou non de batardeaux.

Le modèle simule les débits du Rhône en intégrant le fonctionnement des ouvrages de la CNR et les apports des principaux affluents : débits du Rhône dans les bras de Sauveterre et de Villeneuve, débits de l'Ouvèze, débits de la Durance, cote de retenue au barrage de Vallabrègues.

Les paramètres du modèle ont été calés sur la crue de décembre 2003.

Le modèle permet également de simuler les éventuelles défaillances des systèmes de protection existants : les digues de la route touristique et de Bonaventure, les remparts et la mise en place de batardeaux dans les ouvertures (portes et poternes).

11 scénarios faisant différentes hypothèses de résistance ou défaillance des ouvrages de protection situés sur la commune d'Avignon ont été étudiés. Un scénario de référence a ensuite été retenu afin d'obtenir un aléa de référence :

- ayant une couverture du territoire permettant de d'atteindre un niveau de prévention du risque inondation suffisant pour assurer la protection de la population ;
- tenant compte de scénarios de défaillance structurelle et humaine réalistes.

L'aléa de référence de la commune d'Avignon combine donc les aléas liés aux trois scénarios suivants :

- brèche dans la digue de la route touristique sur le secteur des Jardins Neufs suivie d'une brèche dans la digue de 2nd rang de Bonaventure ;
- absence du batardeau du parking Ferruce ;
- rupture du batardeau de la porte Saint-Joseph.

L'aléa de référence de la commune d'Avignon couvre ainsi les secteurs des Jardins Neufs et du centre historique. Les écoulements atteignent également le secteur de Courtine et les zones résidentielles situées au sud des remparts.

Les cartes d'aléa sont obtenues en croisant les hauteurs et les vitesses maximales calculées selon la grille présentée au paragraphe III.1.b.

La description complète de la détermination des aléas de référence des PPRi du Rhône figure en annexe du présent rapport :

- ***annexe 1 : détermination des lignes d'eau en lit mineur du Rhône ;***
- ***annexe 2 : détermination des aléas de référence par l'étude BRLi.***

III.3. Définition et principes de la cartographie des enjeux

Les « enjeux » correspondent aux personnes et aux biens présents au sein de la zone inondable et susceptibles d'être impactés par les crues.

Les enjeux se répartissent en trois catégories

Les enjeux surfaciques, pour lesquels on distingue :

- **les zones peu ou pas urbanisées**, à vocation naturelle ou agricole qui facilitent le libre écoulement des eaux ou peuvent stocker un volume d'eau important en cas d'inondation (rôle de champ naturel d'expansion des crues) ;
- **les zones urbanisées** au sein desquels on délimite :
 - **les centres urbains ou zones urbaines denses** : il s'agit des centres-villes denses, qui présentent une forte diversité des fonctions urbaines (commerces, équipements, activités, logements...), et qui jouent par conséquent un rôle stratégique dans le bon fonctionnement urbain et le dynamisme de la commune. Ils se caractérisent par des critères d'historicité, de densité, de continuité et de mixité⁷. Sur ces secteurs, il est impératif de préserver une vitalité économique et sociale compatible avec le risque ;
 - **l'hypercentre ou intra-muros d'Avignon** : tout comme le centre urbain, il se caractérise notamment par son histoire, une occupation du sol de fait importante, une continuité bâtie, une mixité des usages entre logements, commerces et services, mais aussi par des contraintes fortes liées à la sauvegarde et à la mise en valeur du patrimoine ;
 - **les autres zones urbanisées** (dont les zones artisanales et commerciales), qui, bien qu'urbanisées, ne présentent pas les mêmes caractéristiques que les zones précédentes ;
 - **les zones à enjeux urbains**, qui s'apparentent sur la forme aux « autres zones urbanisées », mais au sein desquelles résident des enjeux spécifiques liés notamment au renouvellement urbain

Un espace urbanisé s'apprécie tout d'abord au regard de la réalité physique des lieux : il s'agit de délimiter l'urbanisation existante au moment de l'élaboration du PPRi.

Le recueil des données nécessaires à la détermination des enjeux s'appuie sur visites de terrain, photos aériennes, base de donnée sur le bâti, cadastre, examen des documents d'urbanisme (plan local d'urbanisme)...

Une analyse complémentaire est ensuite conduite avec la commune, particulièrement si celle-ci est en train de procéder à l'élaboration de son plan local d'urbanisme, afin de prendre en compte ses objectifs de développement futur sous réserve qu'ils soient compatibles avec la prise en compte du risque d'inondation :

- démonstration de la nécessité d'admettre une extension limitée de la zone à urbaniser ;
- localisation de cette zone en dents creuses et en continuité immédiate des secteurs déjà urbanisés avec la mise en place de règles d'urbanisme visant à limiter au maximum sa surface ;
- prescriptions visant à réduire la vulnérabilité des constructions et à permettre un retour plus rapide à la normale en cas d'inondation.

⁷ Les centres urbains sont délimités conformément à la circulaire du 24 avril 1996.

Les enjeux ponctuels, qui comprennent les établissements et constructions qui, de par leur nature ou leur usage, nécessitent une attention particulière vis-à-vis du risque inondation. On peut citer :

- les établissements recevant du public (ERP), parmi lesquels ceux qui accueillent un public vulnérable (hôpitaux, écoles, maisons de retraite, etc.) dont l'évacuation sera délicate en cas de crise ;
- les équipements utiles à la gestion de crise (centre de secours, gendarmerie, lieu de rassemblement et/ou d'hébergement durant la crise, etc.), qui doivent pouvoir être mobilisés en toutes circonstances ;
- les équipements et installations sensibles en cas de crue (captage d'eau potable, station d'épuration...).

Les enjeux linéaires :

- voies de communication (routes, voies ferrées) ;
- ouvrages d'endiguement.

Le zonage est issu du croisement entre les aléas d'une part, et les enjeux dits « surfaciques » d'autre part, qui correspondent aux zones non urbanisées et aux zones urbanisées – au sein desquels on distingue les centres urbains.

L'identification des enjeux « ponctuels » et « linéaires » n'influence pas le zonage réglementaire. Par contre, leur connaissance est utile pour la gestion de crise (connaissance des établissements vulnérables, des voiries utilisables, etc.). Etant donné les moyens et les connaissances dont dispose par ailleurs la commune d'Avignon sur ces sujets, seuls les enjeux surfaciques figurent sur la cartographie des enjeux.

IV. LE ZONAGE ET LE RÈGLEMENT DU PPRi

IV.1. Les principes de prévention de la Doctrine Rhône

La circulaire dite « Doctrine Rhône » encadre l'élaboration des PPRi sur l'ensemble du fleuve Rhône et sur ses affluents à crue lente, dans le souci d'une gestion cohérente et solidaire des crues. La Doctrine Rhône définit ainsi les principes d'élaboration du PPRi du Rhône, conformément avec les principes nationaux de prévention des risques. Cette doctrine a été validée en commission administrative de bassin (CAB) du 14 juin 2006.

La doctrine Rhône a également fait l'objet d'une annexe technique relative aux principes de réglementation des bâtiments agricoles en zones inondables, validée en CAB du 12 mai 2015.

Les règles d'établissement du zonage et les principes du règlement associé sont résumés dans le tableau suivant.

Synthèse des règles du zonage et du règlement

		Zones urbanisées		Zones non urbanisées
		Centres urbains	Autres zones urbanisées	
DANS L'ENVELOPPE DE LA CRUE DE REFERENCE				
Espaces inondables	ALEA	URBANISATION		
sans ouvrages de protection	Aléa fort	Eventuellement possible uniquement pour assurer la continuité de vie et permettre le renouvellement urbain, en intégrant la réduction de vulnérabilité	Interdite	Interdite
	Aléa modéré	Possible avec prescriptions	Possible avec prescriptions	Interdite
protégés par des digues non résistantes à la crue de référence	Aléa fort	Eventuellement possible uniquement pour assurer la continuité de vie et permettre le renouvellement urbain, en intégrant la réduction de vulnérabilité	Interdite	Interdite
	Aléa modéré	Possible avec prescriptions	Possible avec prescriptions	Interdite
protégés par des digues résistantes à la crue de référence	Zones à risques : bandes de sécurité et couloirs d'écoulement	Eventuellement possible Avec étude de danger et prescriptions	Interdite	Interdite
	Autres	Possible avec étude de danger et prescriptions	Possible avec étude de danger et prescriptions	Interdite
protégés par des digues CNR	Zones à risques : bandes de sécurité	Eventuellement possible avec prescriptions	Interdite	Interdite
	Autres	Possible	Possible	Possible sauf dans les ZEC stratégiques à reconquérir (identifiées dans l'annexe ZEC)

Ainsi, le zonage et le règlement du PPRi du Rhône traduisent les prescriptions de la Doctrine Rhône, qui respectent les principes fondamentaux suivants.

Zones non urbanisées : elles demeurent non constructibles, quelle que soit l'intensité de l'aléa.

Objectifs :

- ne pas augmenter les personnes et les biens exposés ;
- préserver le libre écoulement et le champ d'expansion naturel de la crue.

Des mesures adaptées sont néanmoins prises pour permettre de pérenniser les activités agricoles et forestières dans la plaine inondable.

Zones urbanisées : celles exposées à un aléa modéré, ainsi que les centres urbains exposés à un aléa modéré ou fort, restent constructibles sous conditions.

Réciproquement, les zones urbanisées exposées à un aléa fort sont inconstructibles dès lors qu'elles ne correspondent pas au centre urbain dense, à l'intra-muros d'Avignon ou aux zones à enjeux urbains (sous conditions strictes), compte-tenu du risque pour les personnes et les biens associés à des enjeux urbains plus diffus.

Objectifs :

- préserver la vitalité économique et le fonctionnement urbain des centres urbains ;
- permettre le renouvellement urbain et l'achèvement de l'urbanisation en intégrant des mesures de réduction de la vulnérabilité.

IV.2. Le zonage réglementaire

a – La méthode de zonage

Le zonage réglementaire du PPRi Rhône traduit les principes énoncés précédemment.

Il a été établi en croisant sur une même carte la délimitation des aléas et des enjeux, ce qui permet de déterminer des zones de différent niveau de risque suivant la grille présentée ci-dessous.

Enjeux	Bande de précaution arrière digues	Aléa fort ($h \geq 1$ m et/ou $v \geq 0,5$ m/s)	Aléa modéré ($h < 1$ m et $v < 0,5$ m/s)
Hypercentre	Rouge grenat	Bleu turquoise	Bleu ciel
Centre urbain dense	Rouge grenat	Bleu foncé	Bleue
Zone à enjeux urbains	Rouge grenat	Violette	Bleue
Autres zones urbanisées	Rouge grenat	Rouge	Bleue
Zones peu ou pas urbanisées	Rouge grenat	Rouge	Orange

Principes utilisés pour le lissage de la carte de zonage

Les cartes de zonage issues du croisement des cartes d'aléas avec les cartes d'enjeux ont fait l'objet d'un lissage, avec pour objectifs principaux de :

- prendre en compte le risque pour les personnes ;
- faciliter leur utilisation pour l'instruction des actes d'urbanisme et de droit du sol.

La prise en compte du risque doit en effet intégrer le contexte global en chaque point du territoire communal. Il est nécessaire de vérifier leur accessibilité en cas de crue sans que les usages qui y seraient autorisés risquent de mettre en danger les personnes.

Des zones constructibles isolées ne peuvent donc pas être conservées au sein d'une zone inondable. Les îlots « blancs » (sans aléa) ont ainsi pris la couleur des zones qui les entourent, sauf en zone rouge où ces îlots ont été passés en zone orange, zone qui reste inconstructible

hors activité agricole mais qui permet néanmoins de faire ressortir des potentialités d'utilisation dans des secteurs de fait moins exposés à l'aléa que dans la zone rouge environnante.

Inversement, afin de conserver une cohérence dans la détermination des zones constructibles, des îlots rouges de faible surface ont été inclus dans les zones bleues qui les entourent dans le cas où intervenait un effet de seuil, la hauteur inondable dépassant de quelques centimètres celle des parcelles environnantes.

Enfin, les îlots de zone orange au milieu d'une zone rouge, les îlots rouges au milieu d'une zone orange, et les secteurs occupés par des infrastructures, ont été conservés tels quels afin de ne pas biaiser la connaissance de leur niveau d'aléa et de leur état en cas de crue.

Zones inconstructibles :

Les zones rouge et orange sont inconstructibles, à l'exception de quelques usages limités aux constructions existantes et à l'activité agricole.

Elles comprennent :

- la zone **rouge grenat (RG)**, qui correspond à la bande de précaution à l'arrière des systèmes d'endiguement ;
- la zone **rouge (R)**, qui correspond aux secteurs d'écoulement des crues soumis à un aléa fort (hauteurs de submersion supérieures à 1 m et/ou vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s), dans les zones urbanisées ou non, à l'exclusion de l'hypercentre, du centre urbain dense et des zones à enjeux urbains ;
- la zone **orange (O)**, qui correspond aux secteurs d'écoulement des crues soumis à un aléa modéré (hauteurs de submersion inférieures à 1 m et vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s) dans les zones peu ou pas urbanisées.

Zones constructibles avec prescriptions :

La zone **violette (V)** correspond aux secteurs d'écoulement des crues soumis à un aléa fort (hauteurs de submersion supérieures à 1 m et/ou vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s) dans les zones à enjeux urbains. Son principe de constructibilité ne concerne que les opérations de renouvellement urbain réduisant globalement la vulnérabilité.

Les zones bleues conservent un principe général de constructibilité, sous réserve de la mise en œuvre de prescriptions adaptées au niveau du risque.

Elles comprennent :

- la zone **bleu foncé (BF)**, qui correspond aux secteurs d'écoulement des crues soumis à un aléa fort (hauteurs de submersion supérieures à 1 m et/ou vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s) dans le centre urbain dense ;
- la zone **bleue (B)**, qui correspond aux secteurs d'écoulement des crues soumis à un aléa modéré (hauteurs de submersion inférieures à 1 m et vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s) dans les autres zones urbanisées et le centre urbain dense ;

- la zone **bleu ciel (BC)**, qui correspond aux secteurs d'écoulement des crues soumis à un aléa modéré (hauteurs de submersion inférieures à 1 m et vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s) dans l'hypercentre ;
- la zone **bleu turquoise (BT)**, qui correspond aux secteurs d'écoulement des crues soumis à un aléa fort (hauteurs de submersion supérieures à 1 m et/ou vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s) dans l'hypercentre.

Le règlement de chaque zone s'appuie sur les principes suivants :

- **Centre urbain** : il est caractérisé notamment par sa densité et par une forte diversité des fonctions urbaines. Le principe est d'y permettre le maintien de l'activité en limitant la vulnérabilité des personnes et des biens, en dépit des aléas forts observés, afin de maintenir ce dynamisme (zone bleu foncé) ; les contraintes liées à la sauvegarde et à la mise en valeur du patrimoine dans l'intra-muros d'Avignon sont prises en compte spécifiquement (zones bleu ciel et bleu turquoise)
- **Autres zones urbanisées** : la stratégie de prévention adoptée consiste à préserver strictement les espaces urbanisés soumis aux aléas forts, compte-tenu du risque pour la sécurité des personnes et des biens (zone rouge) et à admettre, sous conditions, des constructions nouvelles dans les secteurs soumis à un aléa modéré (zone bleue), voire fort pour les opérations de renouvellement urbain (zone violette)
- **Zones naturelles ou agricoles** : l'ensemble de ces espaces doit être préservé strictement, compte-tenu des risques pour la sécurité des personnes et des biens, et de la nécessité d'assurer le libre écoulement des eaux et la conservation des champs d'inondation. En effet ces zones non urbanisées jouent un rôle important dans le maintien du fonctionnement hydraulique de la rivière et ce quel que soit le niveau d'aléa (zones rouge et orange)
- **les bandes de précaution à l'arrière des systèmes d'endiguement** : leur largeur est dimensionnée selon les textes en vigueur (zone rouge grenat)
- **les bandes de précaution à l'arrière des ouvrages d'endiguement issus de l'aménagement du Rhône** : ces ouvrages sont conçus pour résister à la crue millénaire. Les territoires qu'ils protègent sont donc considérés comme soustraits à la crue de référence du PPRi. Néanmoins, leur intégrité doit être préservée. Aussi le PPRi définit une bande de sécurité inconstructible de 100 m à l'arrière immédiat des ouvrages, inscrite en zone rouge grenat.

b – la crue exceptionnelle

Le secteur uniquement concerné par l'enveloppe de la crue exceptionnelle n'est pas réglementé par le présent PPRi. En effet, son enveloppe est proche de celle de la crue de référence.

L'enveloppe de la crue exceptionnelle figure sur la carte des aléas à des fins informatives et de gestion de crise.

c – Le zonage réglementaire de la commune d'Avignon

La commune d'Avignon est fortement contrainte par le risque d'inondation par le Rhône et par la Durance.

Pour le Rhône, par rapport au PPRi approuvé en 2000, la majorité des secteurs impactés (île de la Barthelasse) connaissent là encore des niveaux d'aléa élevés, se traduisant dans le plan de zonage par une importante zone rouge.

Le changement le plus notable résulte des défaillances d'ouvrages de protection prises en compte dans le présent PPRi, de telle sorte qu'une grande partie de la ville d'Avignon se trouve nouvellement impactée, de l'intra-muros jusqu'à la zone de Courtine en passant par les secteurs des Faubourgs et de la route de Lyon. Les niveaux d'aléas rencontrés sont à la fois modérés et forts, ainsi toutes les nuances de couleurs de zone sont représentées dans les secteurs urbanisés de la ville : rouge, bleu foncé, violette, bleu turquoise, bleu ciel et bleue.

Enfin, les bandes de précaution à l'arrière de la digue de la route touristique du Docteur Pons et de la digue de Bonaventure conduisent à représenter une zone rouge grenat dans le secteur des Jardins Neufs et à l'arrière de la digue de Bonaventure.

IV.3. Les principes du règlement

Des mesures de prévention sont prescrites dans l'ensemble des zones réglementaires afin de garantir les objectifs suivants :

- préserver les vies humaines ;
- réduire la vulnérabilité globale des biens et le coût des dommages ;
- faciliter la gestion de crise et le retour à la normale après la crue.

Ces objectifs conduisent à :

- interdire les implantations nouvelles dans les zones les plus dangereuses où, quels que soient les aménagements, la sécurité des personnes et la protection des biens ne peuvent être garanties intégralement ; les limiter dans les zones inondables soumises à un aléa modéré ;
- préserver les capacités d'écoulement et d'expansion des crues pour ne pas aggraver les risques pour les zones situées en amont et en aval du projet ;
- éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés ;
- sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues les plus fréquentes, protéger la qualité des paysages souvent remarquables du fait de la proximité de l'eau, préserver le caractère encore naturel des vallées concernées.

Les principes réglementaires associés à chaque zone sont les suivants.

Dans la **zone rouge grenat** correspondant à la bande de sécurité des digues et remblais (espace fortement exposé au risque en cas de ruptures de digues ou d'ouvrages), toute nouvelle construction est interdite mais sont admises des adaptations limitées des constructions existantes visant à réduire leur vulnérabilité.

Dans la **zone rouge** (espace urbanisé ou non exposé à un aléa fort), toute nouvelle construction est interdite mais sont admis les extensions et aménagements des constructions existantes visant à améliorer la sécurité des personnes, sans augmenter la population exposée.

La **zone orange** (espace non urbanisé exposé à un aléa modéré) est soumise aux mêmes principes que la zone rouge, avec des prescriptions adaptées au niveau de l'aléa.

L'annexe de la doctrine Rhône relative aux principes de réglementation des bâtiments agricoles prévoit des règles spécifiques en **zones rouge et orange**, destinées à favoriser le maintien de l'activité agricole, considérée comme une des destinations privilégiées des zones inondables, dans la plaine du Rhône.

Cette annexe, validée en commission administrative de bassin du 14 juin 2016, concerne exclusivement les bâtiments techniques nécessaires à l'activité agricole. Ses principes réglementaires, repris dans le règlement du présent PPRi, visant en particulier à faciliter la mise en œuvre des mesures de réduction de la vulnérabilité des exploitations agricoles financées dans le cadre du Plan Rhône, restent proportionnés au niveau de l'aléa.

Dans la **zone bleu foncé** (centre urbain exposé aléa fort), de nouvelles constructions peuvent être admises afin de garantir la continuité de vie et le renouvellement urbain des cœurs

de villes et villages, en intégrant les mesures de réduction de vulnérabilité des personnes et des biens.

Dans la **zone bleue** (espace urbanisé exposé à un aléa modéré), comme en zone bleu foncé, est admis un développement de l'urbanisation compatible avec le degré d'exposition au risque.

Dans la **zone violette** (espace urbanisé à « enjeux urbains » exposé à un aléa fort), est admis le renouvellement urbain intégrant le traitement du bâti existant afin de réduire globalement la vulnérabilité

Dans les **zones bleu ciel et bleu turquoise** (intra-muros d'Avignon exposé respectivement à un aléa modéré et fort), est admis un développement de l'urbanisation compatible avec le degré d'exposition au risque, et avec les contraintes liées à la sauvegarde et à la mise en valeur du patrimoine.

<u>Zones inconstructibles</u>	<u>Zones constructibles</u>
> tout projet nouveau est interdit > sont toutefois admis sous conditions : Zone rouge grenat (bande de précaution à l'arrière des ouvrages d'endiguement) : les adaptations limitées des constructions existantes améliorant la sécurité des personnes et des biens ainsi que les dispositifs de production d'énergie photovoltaïque Zone rouge : les extensions et aménagements limités des constructions existantes améliorant la sécurité des personnes et des biens les changements d'usage n'augmentant pas la vulnérabilité les constructions nécessaires à l'exploitation agricole les dispositifs de production d'énergie photovoltaïque Zone orange : mêmes autorisations qu'en zone rouge.	> les constructions nouvelles sont admises, en intégrant les mesures de réduction de vulnérabilité des personnes et des biens (rehaussement des planchers...) > l'objectif est de : Zone bleu foncé (centre urbain) : maintenir la continuité de vie et le renouvellement urbain des cœurs de villes Zone bleue : permettre un développement compatible avec le degré d'exposition au risque Zones bleu ciel et bleu turquoise (intra-muros) : permettre un développement compatible avec le degré d'exposition au risque et les contraintes de sauvegarde et de mise en valeur du patrimoine Zone violette : permettre un renouvellement urbain réduisant globalement la vulnérabilité

Tableau de synthèse des principes du règlement

➤ Définition des cotes de référence

La cote de référence est l'altitude maximale atteinte par la ligne d'eau, au cours de la crue de référence retenue dans le présent PPRi. Elle sert à positionner le premier niveau de plancher, de manière à réduire la vulnérabilité aux crues des personnes et des biens.

Elle est représentée par l'altitude de la crue de référence, exprimée en mètres et rattachée au nivellement général de la France (IGN 1969).

Le premier niveau de plancher se situe à +0,20 m de la cote de référence.

Premier niveau de plancher (cote de référence + 0,20 m)	Cote de référence lue ou calculée à l'aide du règlement et de la carte de zonage réglementaire
Terrain naturel (TN)	Altitude du terrain en m NGF, sous l'emprise du projet

Suivant les secteurs concernés, les côtes de référence peuvent être obtenues :

– par interpolation entre profils :

les cotes à prendre en compte figurent en regard des profils correspondants à chaque ligne iso-cote sur le plan de zonage réglementaire. En un lieu donné, la cote de référence sera calculée par interpolation linéaire entre les cotes lues sur deux profils successifs.

– par lecture de la cote casier :

cette cote est indiquée dans le règlement et dans la légende de la carte de zonage réglementaire.

Ces cotes figurent sur les cartes de zonage réglementaire, et leur mode de calcul est précisé dans le règlement.

➤ Prescriptions spécifiques

Certaines constructions ou aménagements vulnérables aux crues font l'objet de prescriptions spécifiques, dont :

- les établissements recevant du public (ERP) vulnérable – assimilés aux ERP de types R, U et J, et en prenant en compte leur capacité d'accueil et leur fonction d'hébergement ;
- les établissements nécessaires à la gestion de crise, qui doivent impérativement rester opérationnels en cas de crue.

Enfin, plusieurs prescriptions et recommandations sont instaurées afin de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens sur le bâti futur ou existant. Il s'agit de mesures visant à :

- assurer la sécurité des personnes (zone refuge accessibles de l'intérieur et présentant une issue de secours, matérialisation de l'emprise des piscines, obturation des ouvertures sous la cote de référence et jusqu'à 0,80 m...) ;
- limiter les dommages aux biens (mise hors d'eau des principaux équipements sensibles ; création d'orifices de décharges au pied des murs de clôtures susceptibles de générer un stockage d'eau et des ruptures violentes ; surélévation ou arrimage des citernes et aires de stockage des produits polluants et dangereux ; matériaux insensibles à l'eau...) ;
- faciliter le retour à la normale (réseau électrique descendant).

Ces mesures sont détaillées dans le règlement joint au présent dossier.

IV.4. Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Le PPR peut définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers (article L.562-1 3° du code de l'environnement).

En application du code de l'environnement, seuls les PPRi approuvés intègrent des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde (mesures inscrites au titre 8 du règlement).

➤ Information des habitants

Les municipalités doivent mettre en place des campagnes régulières d'information sur le risque d'inondation. Elles doivent établir un document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM).

➤ Réseaux et infrastructures

S'agissant des réseaux routiers, un plan d'alerte et d'intervention visant la mise en sécurité des usagers des voies publiques (réseaux routiers, transports en commun...) doit être établi par leurs gestionnaires, en liaison avec les communes et les autres services compétents de l'Etat.

Les réseaux de transport de fluides de service public ou d'intérêt collectif (eau potable, assainissement...) doivent être aménagés de manière à garantir leur fonctionnement normal, ou à défaut réduire leur vulnérabilité et faciliter le retour à la normale après une crue.

➤ Gestion de crise

Le PPRi confirme l'obligation des communes d'établir un plan communal de sauvegarde dans un délai de 2 ans à compter de l'approbation du PPRi.

Ces mesures de prévention, de protection et de sauvegarde sont complémentaires avec les prescriptions pour les constructions futures et avec les prescriptions visant à la réduction de vulnérabilité des constructions existantes.

ANNEXE 1 – LA DETERMINATION DE L’ALEA : LIGNES D’EAU**Rapport de présentation des PPR du Rhône
DREAL Auvergne/Rhône-Alpes - 2013****1 - Eléments de connaissance : les données historiques et les crues caractéristiques**

Le législateur a prévu, dans le cadre de la procédure d'élaboration des plans de prévention des risques, une phase de recueil des données sur les événements historiques. Elle a été élaborée à partir des documents et observations disponibles, certains datant parfois d'une époque où les lits mineurs et majeurs avaient des caractéristiques et des occupations fort différentes. Ces données servent donc de référence historique.

Elles ne déterminent pas le zonage du PPR qui résulte de la situation actuelle.

Les séries de cotes des crues du Rhône sont connues à Ternay (point kilométrique : 15.3 ; altitude du zéro de l'échelle : 150.24), Valence (point kilométrique : 109.7 du Rhône ; altitude du zéro de l'échelle : 102.00) et Viviers (point kilométrique : 166.5 ; altitude du zéro de l'échelle : 58.21) [voire Avignon et Beaucaire-Tarascon].

Les communes du Vaucluse sont principalement concernées par les données des stations de Viviers, Avignon et Beaucaire.

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU RHONE AVAL															
RANG	TERNAY 1895-2001			VALENCE 1855-2003			VIVIERS 1910-2003			AVIGNON (1845-1994)			BEAUCAIRE 1856-2003		
	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s
1	26/02/1957		5320	31/05/1856	7,00	8300	09/10/1993	4,85	7715	31/05/1856	7,83	10400	31/05/1856	7,95	12500
2	16/02/1928		5120	01/11/1896	6,11	7400	02/12/2003	4,92	7700	03/12/2003	7,66		04/12/2003		11500
3	01/01/1955		5075	08/10/1993	5,30	6700	07/01/1994		7588	14/11/1935	7,32	8710	08/01/1994		11006
4	26/11/1944		4850	11/11/1886	5,77	6620	17/11/2002	4,71	7500	22/11/1951	7,27	8270	12/11/1886	7,55	10200
5	02/11/1896		4830	26/11/1944	5,75	6620	21/11/1951		6660	08/01/1994	7,20	9000	10/10/1993		9800
6	25/12/1918		4830	16/11/2002	5,22	6600	14/06/1941		6470	30/09/1900	6,94	8650	14/11/1935	7,68	9600
7	23/03/2001	5,84	4780	17/02/1928	5,66	6480	20/01/1955		6320	10/10/1907	6,83	8270	22/11/1951	7,64	9170
8	27/05/1983		4756	19/01/1955	5,70	6300	27/11/1944		6180	22/12/1958	6,70	7110	21/10/1872	6,87	9080
9	05/01/1936		4700	26/12/1918	5,54	6100	23/03/2001	3,96	6162	06/01/1919	6,68	7725	02/11/1896	7,00	9060
10	12/02/1945		4690	03/01/1883		6040	13/11/1935		6000	02/11/1896	6,64	8115	13/11/1996		8981
11	17/11/2002	5,67	4613	23/03/2001	4,88	6022	18/02/1928		5975	12/11/1886	6,55	8125	30/09/1900	7,08	8940
12	30/12/1923		4570	06/01/1936	5,40	5830	28/02/1957	4,00	5900	22/01/1955	6,49	6710	01/01/1889	6,83	8780
13	10/10/1993	5,73	4417	18/05/1983	4,65	5690	11/12/1954		5860	07/12/1910	6,43	7925	11/11/1976		8690
14	21/01/1910		4380	27/02/1957	5,40	5680	19/05/1983	3,77	5850	29/11/1944	6,40	6750	08/12/1910	7,02	8660
15	17/02/1990	5,65	4354	31/12/1923	5,30	5630	07/01/1936		5800	09/10/1993	6,39	8200	10/11/1907	6,83	8500
16	23/11/1992	5,64	4309	02/12/2003	4,60	5600	13/11/1996		5795	03/01/1936	6,39	6570	29/10/1882	6,60	8390
17	16/01/1899		4230	13/11/1935	5,23	5470	05/01/1919		5770	07/11/1963	6,36	6320	06/01/1919	6,80	8280
18	19/12/1981		4186	05/01/1919	5,19	5450	26/12/1918		5725	21/10/1872	6,26	7820	24/10/1977		8125
19	01/01/1919		4160	28/10/1882	5,18	5440	01/12/1910		5720	29/10/1882	6,07	7265	28/10/1864		8100
20	12/02/1977		4105	07/01/1994	4,48	5380	10/10/1988		5655	11/11/1976	6,00	7080	09/11/1982		8025
21	14/11/1935		4100	18/12/1981	4,20	5376	04/05/1977		5480	19/10/1846	5,80	7440	19/12/1997		8020
22	06/11/1939		4090	23/11/1992		5328	23/11/1992		5464	09/11/1982	5,70	7010	08/10/1960	6,98	7960
23	08/01/1982		4045	18/01/1899	5,10	5300	20/11/1950		5460	28/10/1864	5,70	6920	22/12/1958		7920
24	23/02/1999	5,22	4040	11/04/1922	5,07	5280	23/03/1937		5400	09/12/1977	5,67	6360	21/05/1917	6,56	7850
25	28/12/1925		4030	02/06/1877		5235	06/10/1960		5390	22/10/1891	5,55	6400	03/01/1936	6,82	7820
26	05/09/1956		3960	20/12/1910	5,06	5220	18/11/1940		5390	15/04/1847	5,37	7040	23/10/1891		7800
27	12/04/1922		3940	01/01/1924		5220	15/02/1945		5375	22/04/1848	5,25	6445	27/02/1978		7800
28	26/02/1995	5,05	3883	15/03/1876	5,02	5200	08/05/1932		5375	30/10/1853	5,18	6290	06/10/1924		7600
29	09/03/1914		3870	17/02/1990		5189	31/12/1923		5375	08/10/1960		6950	21/10/1855		7550
30	27/11/1950		3840	03/11/1859		5160	17/02/1990		5345	12/10/1988		6450	04/11/1914		7480
31				01/04/1902		5120	14/03/1931		5340						
ATTENTION Toutes les dates commençant par 01/01 sont incertaines en ce qui concerne le jour et le mois															

ATTENTION Toutes les dates commençant par 01/01 sont incertaines en ce qui concerne le jour et le mois

L'importance relative de ces événements s'évalue en les comparant aux données statistiques qui sont régulièrement exploitées. Sur le Rhône, les stations limnimétriques permettent de connaître les hauteurs d'eau depuis plus de cent ans et les débits sur des périodes variables. Les calculs statistiques effectués sur ces données permettent d'évaluer les probabilités d'occurrence des crues et d'établir les débits des crues caractéristiques.

On qualifie de crue décennale et de crue centennale les crues qui ont respectivement une chance sur 10 et une chance sur 100, d'être atteintes ou dépassées chaque année. Ces crues théoriques sont essentielles pour estimer la rareté de crues historiques constatées.

Station Débit (m ³ /s)	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit de la crue caractéristique décennale (Q10)	5620	6100	8400
Débit de la crue caractéristique centennale (Q100)	7510	8120	11 300
Débit de la crue caractéristique exceptionnelle	9370	10 100	14 160

2 - Eléments réglementaires : la crue de référence et la crue exceptionnelle

La doctrine nationale pour l'élaboration des PPRN préconise de prendre en compte un aléa de référence correspondant à plus forte crue historique connue et au minimum à la crue centennale. Ce principe a été décliné dans le contexte rhodanien marqué par les aménagements majeurs réalisés dans les années 1960 et 1970 par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) pour exploiter le potentiel hydroélectrique du fleuve, favoriser la navigation et permettre l'irrigation. Les conditions d'écoulement ont ainsi été fortement modifiées depuis les grandes crues du XIX^e siècle. Par conséquent, la doctrine Rhône définit l'aléa de référence en aval de Lyon comme la crue de 1856 et en amont de Lyon comme la crue de 1944 ou 1990, ces crues étant modélisées aux conditions actuelles d'écoulement (et avec des conditions de fonctionnement des ouvrages CNR bien identifiées sur les secteurs concernés).

Le modèle hydraulique disponible permettant de calculer les lignes d'eau de crue est celui qui est mis en œuvre et actualisé par la CNR depuis l'entrée du Rhône en France jusqu'au barrage de Vallabrègues. Dans le cadre de la convention d'utilisation partagée de ce modèle entre la CNR et l'Etat, les services de l'Etat (DREAL Auvergne/Rhône-Alpes) procèdent aux modélisations nécessaires pour définir la ligne d'eau de référence. Ce modèle a été actualisé après la crue de décembre 2003 sur le secteur en aval de Viviers.

Ce modèle est construit à partir des données topographiques et bathymétriques disponibles à ce jour. La réalisation de la base de données topographiques sur le Rhône a permis de procéder à une actualisation des modèles hydrauliques du Rhône sur cette base très précise.

Les modèles sont calés, après construction, sur les relevés effectués pendant une crue. Ainsi, le modèle qui a servi à l'élaboration de ce PPRi a été calé sur la crue de 2003 qui a fait l'objet de nombreux relevés, surfaciques et de hauteurs d'eau.

2.1 Scénario de crue de référence sur le Rhône de l'aval de Lyon à Beaucaire-Tarascon

En partant des débits de la crue de 1856 communément admis (Etudes de Maurice Pardé prépondérantes), il s'agit de déterminer la ligne d'eau d'une crue similaire à celle de 1856 qui se produirait aujourd'hui.

La première étape a consisté à affiner le scénario hydrologique de la crue de 1856. En effet, les données de référence pour cette crue sont établies uniquement aux principales stations historiques de Givors, Valence, Viviers et Beaucaire, ainsi que sur les principaux affluents : Arve, Ain, Saône, Isère, Eyrieux, Drôme, Ardèche, Durance. Le scénario de crue correspondant («Pardé-brut») a la particularité de comprendre des crues de l'Isère et de la Drôme particulièrement fortes, comparativement à celle d'affluents comme l'Eyrieux, l'Ardèche et la Durance. Par ailleurs, ce scénario ne permet pas de répartir les apports d'autres affluents importants comme le Doux, la Cèze, le Roubion ou même le Gard.

Pour pouvoir calculer la ligne d'eau de cette crue en situation actuelle, un scénario de crue plus complet a donc été reconstitué. Il s'agit d'un scénario de crue équivalent en importance (dit «1856 Pardé-lissé» par la suite), construit en partant du débit historique de 6 100 m³/s à la confluence Rhône-Saône pour obtenir le débit historique de 12 500 m³/s à Beaucaire :

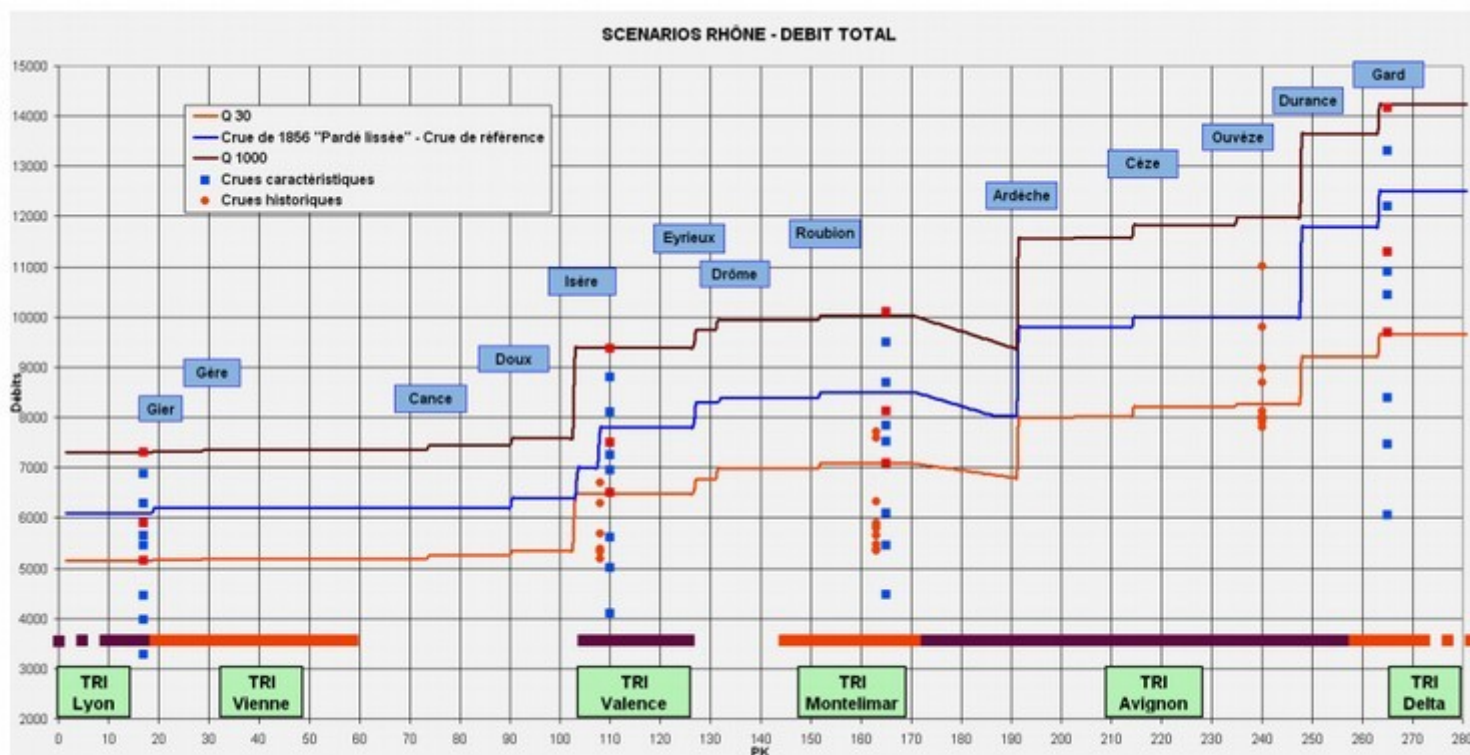
- en intégrant des débits davantage proportionnels aux débits caractéristiques pour chacun des affluents principaux ;
- en proposant une répartition des apports plus équilibrée hydrologiquement que dans le scénario « Pardé-brut ».

Le tableau et le graphique suivants montrent comment évoluent, d'amont en aval, les débits dans le scénario de crue de référence à chaque confluence d'affluent important avec l'indication de l'apport de ces affluents principaux.

Affluent	Débit des affluents pour les crues d'occurrences 50 ans / 100 ans	Crue de 1856 lissée	
		Evolution du débit du Rhône	Débit total du Rhône *
Saône	2600 / 2800		6100
Gier	190 / -	100	6200
Doux	≈ 500 / -	200	6400
Isère	2800 / 3600	1400	7800
Eyrieux	1700 / 2050	500	8300
Drôme	600 / 750	100	8400
Roubion	≈ 500 / -	100	8500
Ardèche	5200 / 6100	1760	9800
Cèze	2100 / 2500	200	10 000
Ouvèze	≈ 500 / -		
Durance	4050 / 5000	1800	11 800
Gard	3100 / 3800	700	12 500

* à l'aval de la confluence

Débits du Rhône en aval de Lyon.



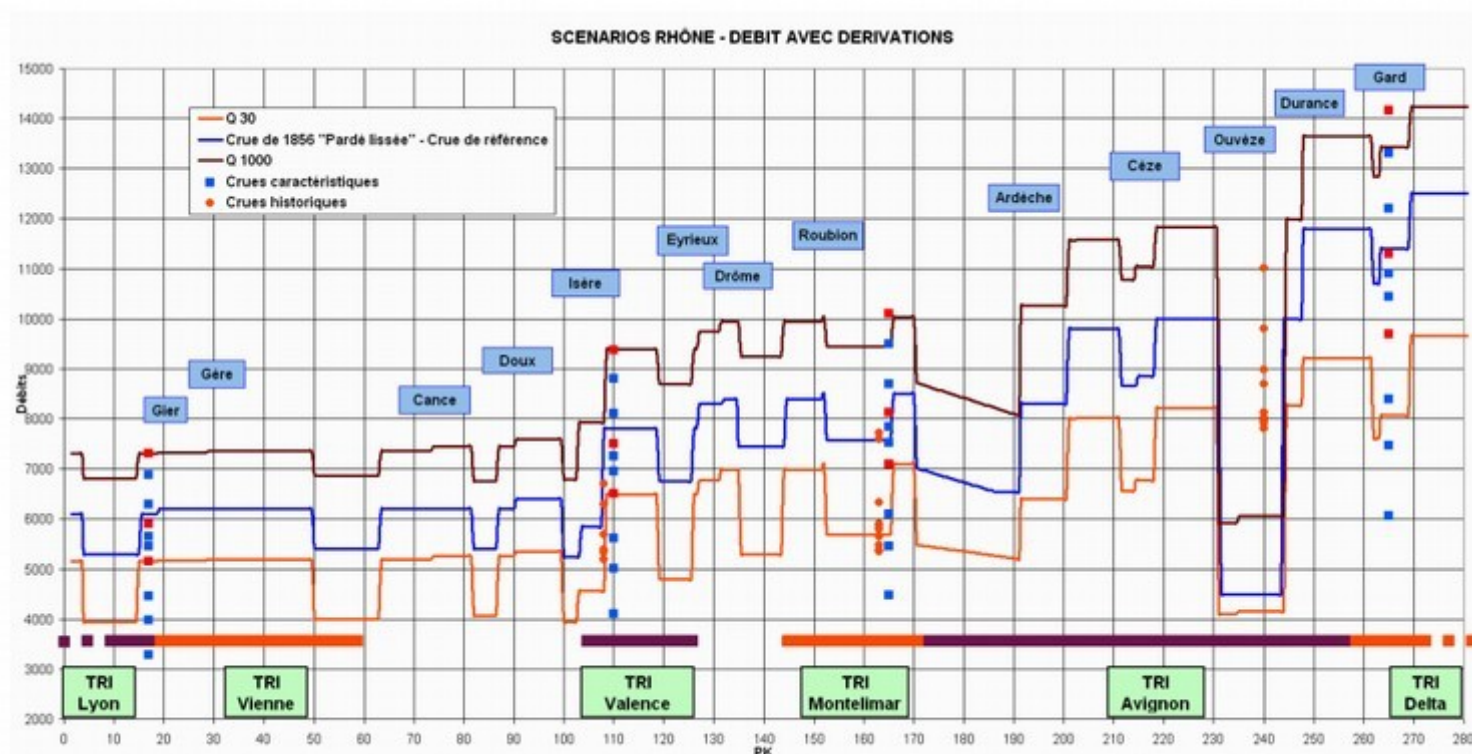
2.2 Conditions hydrauliques

La deuxième étape a consisté à déterminer les conditions de fonctionnement des aménagements hydroélectriques de la CNR.

En fonctionnement normal, assuré dans la majorité des épisodes de crue, les débits dérivés dans les canaux usiniers sont proches des débits d'équipement (débits maxima turbinables).

Pour la détermination de l'aléa de référence il apparaît plus judicieux de retenir la moitié du débit d'équipement pour chaque aménagement qui correspond à une hypothèse de fonctionnement réaliste tant du point de vue technique que du point de vue de la prévention, sauf pour l'aménagement de Donzère-Mondragon où le débit du canal usinier est contrôlé par un barrage de garde pour être maintenu à 1 500 m³/s en situation de crue de référence.

Le tableau et le graphique suivant montrent comment évoluent, d'amont en aval, les débits dans le scénario de crue de référence en tenant compte des débits dérivés dans les ouvrages. Ces débits donc ceux du Rhône non aménagé ou du Rhône unique pour les tronçons sans ouvrages.



	Débit dérivé EGR	Débit dérivé PSS	Débit dérivé scénario de référence 1856	Débit d'équipement (maximum turbinable)
<i>Pierre Bénite</i>	1400	760	800	1400
<i>Vaugris</i>	0	0	0	1400
<i>Péage de Roussillon</i>	770	760	800	1600
<i>Saint Vallier</i>	1620	760	800	1650
<i>Bourg les Valence</i>	1440	760	1150	2300
<i>Beauchastel</i>	1700	950	1050	2100
<i>Logis Neuf</i>	2230	990	1100	2230
<i>Montélimar</i>	1850	990	930	1850
<i>Donzère Mondragon</i>	1500	300	1500	1980
<i>Caderrousse</i>	2240	1250	1140	2280
<i>Avignon Sauveterre</i>	5210	4000	4800	2310
<i>Villeneuve</i>				
<i>Vallabregues</i>	2200	1560	1100	2200

2.3 Détermination de la ligne d'eau de référence

Les niveaux en lit mineur et en lit majeur calculés avec les modèles hydrauliques à des profils du Rhône très rapprochés produisent les lignes d'eau pour les différents scénarii de crue. Les résultats de ces calculs, qui correspondent à des scénarii et des hypothèses de calcul bien précis, doivent être utilisés de manière raisonnée. Les PPR sont en effet élaborés dans un objectif de prévention et n'ont pas pour objet la prédiction exacte des phénomènes de crues.

Les résultats de l'étude globale Rhône (EGR) qui reposent sur la modélisation d'une large gamme de crues caractéristiques dans les conditions actuelles d'écoulement ont permis d'évaluer la ligne d'eau du plan des surfaces submersibles (PSS) comme donnée répondant à l'objectif de prévention en représentant de manière satisfaisante ce qu'induirait en termes de hauteurs d'eau la crue de 1856 si elle s'écoulait dans le lit actuel du Rhône. Cette ligne d'eau s'applique réglementairement depuis le début des années 1980 pour maintenir le libre écoulement des eaux et préserver les zones d'expansion de crue.

La commission administrative de bassin (CAB) a validé en décembre 2007 l'application de cette ligne d'eau PSS sur une grande partie du linéaire du Rhône en aval de Lyon pour représenter l'aléa de référence dès 2009 et elle a préconisé des analyses complémentaires spécifiques sur les linéaires où la ligne d'eau PSS n'était plus représentative des conditions actuelles d'écoulement.

Ces analyses complémentaires ont justifié le recours à une modélisation spécifique du scénario de référence pour produire la ligne d'eau de référence.

Du PK 15 au PK 50 :

Des modifications significatives mais ponctuelles des conditions d'écoulement entre la mise en service des aménagements et aujourd'hui ont été mises en évidence, notamment au droit de Givors. Elles sont en grande partie dues aux extractions massives de matériaux dans les années 1970 et 1980. La ligne d'eau de référence modélisée en 2009 tient compte de cette situation qui n'évolue plus significativement désormais.

Les hypothèses de calcul de la ligne PSS (barrage ouvert) ont tendance à abaisser la ligne d'eau en limite du secteur en retenue du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf (PK 40 à 44). La modélisation 2009 réévalue la ligne de référence appliquée pour la prévention.

Du PK 135 au PK 153 :

Les conditions actuelles d'écoulement étaient déjà installées au moment de la construction de l'aménagement CNR. Ces conditions correspondaient à un exhaussement généralisé du lit du Rhône par rapport à la situation lors de la crue historique de 1856.

La ligne d'eau PSS ne tenait pas compte de cette évolution et cette ligne d'eau correspond à des niveaux d'inondation qui sont inférieurs à ceux qui seraient produits dans la situation actuelle entre les PK 135 et 144, et qui, à l'inverse, sont supérieurs entre les PK 146 et 152.

Pour garantir la prévention il est donc apparu nécessaire d'appliquer l'aléa correspondant à une ligne d'eau modélisée dans les conditions actuelles d'écoulement.

Du PK 171 au PK 212 :

La ligne d'eau PSS résultait d'un exhaussement du lit du Rhône entre 1856 et le milieu du XXème siècle, situation prévalant au moment des aménagements. Depuis, des extractions importantes et une tendance à l'incision du lit ont provoqué un abaissement du lit dans le secteur de la confluence avec l'Ardèche et en aval. La ligne d'eau PSS représente donc une référence majorante. L'aléa de référence retenu résulte donc d'une nouvelle modélisation du scénario de référence mieux représentative de la situation actuelle qui n'évolue plus significativement depuis l'arrêt des extractions massives.

Du PK 212 au PK 262 :

Sur le secteur correspondant aux aménagements d'Avignon et de Vallabrègues, la ligne d'eau PSS était établie uniquement jusqu'à la confluence de la Durance selon des conditions hydrauliques particulières. La crue de décembre 2003, correspondant à une crue de débit voisin du débit de la crue de 1856, a montré que cette ligne d'eau ne pouvait représenter l'aléa de référence dans les conditions actuelles d'écoulement.

L'aléa retenu correspond donc à la ligne d'eau modélisée du scénario de crue de référence.

Les lignes d'eau modélisées figurent sur chaque carte de zonage du PPRi.

ANNEXE 2 – LA DETERMINATION DE L’ALEA : L’ENVELOPPE INONDABLE**Rapport de présentation des PPR du Rhône
Étude hydraulique – BRLi - 2020*****I – Collecte et synthèse des données***

Les différentes études disponibles sur la zone d'étude ont été collectées, analysées et synthétisées afin d'en retirer les données pertinentes pour l'élaboration du PPRi du Rhône sur les communes de Sorgues, Le Pontet et Avignon.

Par ailleurs les données suivantes, nécessaires à la modélisation, ont été collectées auprès de la DDT84 et de la DREAL ARA :

- Données topographiques :
 - BDT Rhône datant de 2010 comprenant un Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 2 m et des objets géométriques levés dans le cadre de la création de la BDT Rhône. La précision altimétrique de ces données est inférieure à 20 cm ;
 - profils bathymétriques sur le Rhône issus du modèle de la CNR espacés d'environ 200 m sur les zones à enjeux et 500 m sur les zones sans enjeux (aval d'Avignon). La donnée est datée de 2004-2005 selon les secteurs, il s'agit de levés par ultra-sons, complétés par des mesures directes à la perche là où le dispositif ultra-sons ne peut pas opérer ;
 - levés topographiques réalisés en basses eaux sur l'Ouvèze.
- Données hydrologiques et hydrauliques :
 - hydrogrammes de crues du Rhône et de ses bras, de l'Ouvèze et de la Durance au pas horaire ;
 - lignes d'eau de référence en lit mineur⁸ ;
 - niveau de consignes au barrage de Vallabrègues.
- Données de calage :
 - lignes d'eau maximales reconstituées par la CNR de la crue de décembre 2003 ;
 - enveloppe de la crue de 2003 établie d'après plusieurs sources (dont photos aériennes et relevés terrestres) ;
 - repères de crue des Plus Hautes Eaux (PHE) de la crue de 2003 sur l'île de la Barthelasse à Avignon et sur Sorgues ;
 - rapport « Monographie des inondations de décembre 2003 dans le bassin du Rhône aval – Volet approche factuelle sur la dynamique des inondations » de Ginger Environnement réalisé en 2008.

Ces données ont été complétées par des visites de terrain réalisées en mai 2017 et des relevés topographiques complémentaires des ouvrages traversants sous les principaux remblais.

8 Cf. Annexe 1

II – Construction du modèle

Les objectifs de la modélisation sont les suivants :

- reproduire les débordements du Rhône observés lors des crues passées, afin de caler les paramètres du modèle, sur la crue de 2003, en situation normale de fonctionnement des ouvrages de protection ;
- représenter différentes situations d'ouverture de brèches dans les ouvrages ou de propagation dans les ouvertures existantes (batardeaux absents) ;
- modéliser la propagation des débordements de la crue trentennale, de la crue de référence du type de la crue historique de 1856, et de la crue millénale, avec une précision adaptée aux besoins du futur PPRi, notamment dans le secteur fortement urbanisé de la rive gauche du bras d'Avignon, et y définir pour chaque situation, les hauteurs et les vitesses.

Compte tenu de ces objectifs ainsi que de la configuration de la zone à modéliser (vaste zone d'expansion de crue au niveau de l'île de la Barthelasse, secteur fortement urbanisé sur Avignon, zone endiguée inondable par remontée aval, etc), un modèle bidimensionnel est mis en œuvre, afin d'intégrer finement le caractère multidirectionnel des écoulements en champ majeur.

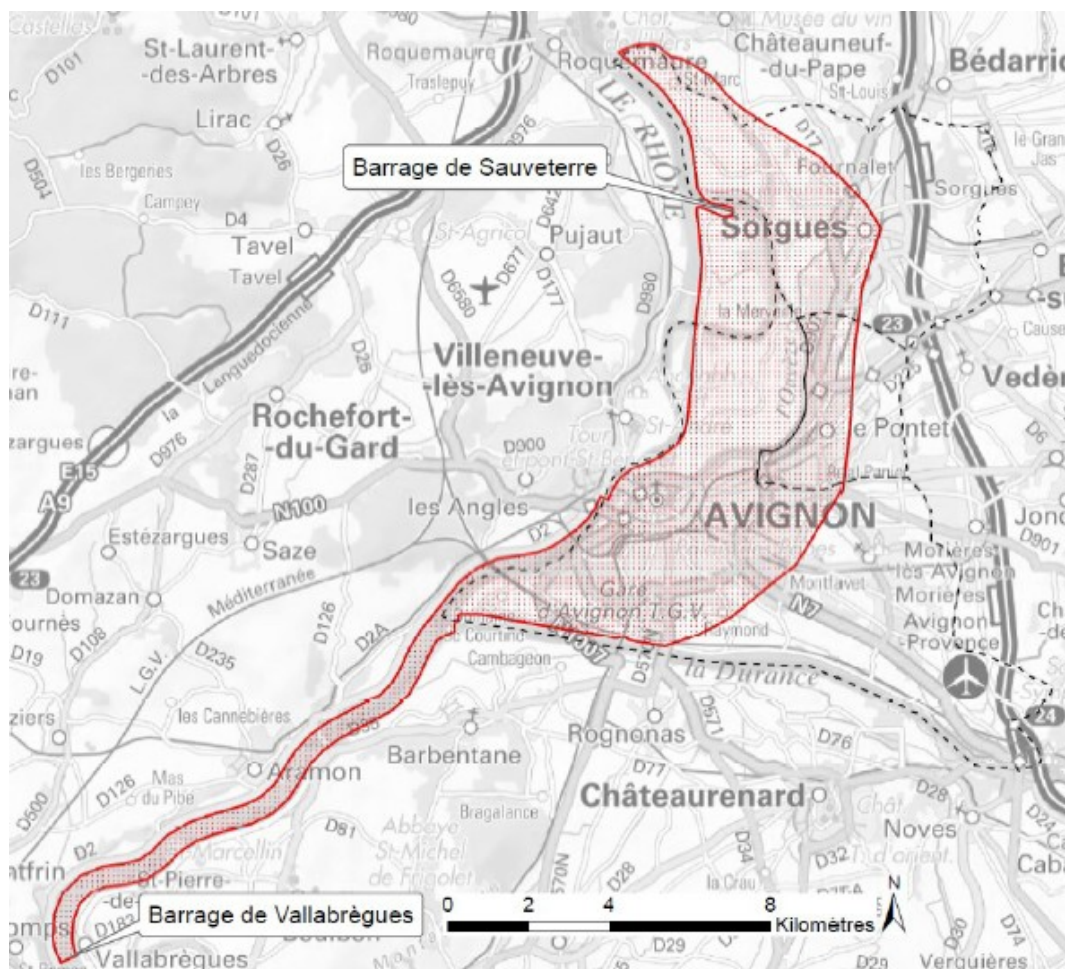
Le modèle 2D est mis en œuvre à l'aide du logiciel TELEMAC-2D⁹ qui s'appuie sur un maillage triangulaire non structuré, ce qui permet d'adapter le maillage aux enjeux présents.

1 – Emprise du modèle

Le modèle englobe la zone d'étude de Sorgues à Avignon en rive gauche du bras d'Avignon ainsi que la confluence avec l'Ouvèze. Le modèle est étendu en aval jusqu'au barrage de Vallabrègues afin de fixer la condition limite aval au point de réglage du barrage. Le secteur complémentaire à modéliser à l'aval de la confluence avec la Durance correspond au lit mineur du Rhône endigué sans débordements.

L'emprise globale ainsi retenue est représentée sur la figure ci-après. Elle couvre un linéaire d'environ 30 km sur le Rhône entre le barrage de Sauveterre et le barrage de Vallabrègues, pour une superficie totale d'environ 69 km².

⁹ Le logiciel TELEMAC-2D a été développé par le laboratoire national d'hydraulique et environnement (LNHE) de la direction des recherches et développements d'EDF. Il est désormais accessible en open source. Ce modèle hydraulique à deux dimensions résout les équations de Barré de Saint-Venant (1871) et donne pour chaque point du maillage de résolution la hauteur d'eau et la vitesse moyenne sur la verticale.



Emprise du modèle

2 – Structure du modèle

Le maillage triangulaire est construit :

- en s'appuyant sur des lignes de structure représentant les éléments topographiques structurant les écoulements sur la zone d'étude : les berges du Rhône et de l'Ouvèze, les routes et voies ferrées en remblais, les digues, les remparts, les îlots urbains très denses, les piles des ouvrages traversants et les principaux bâtiments industriels ;
- en affinant la résolution du modèle sur les zones nécessitant une précision et/ou présentant une complexité hydraulique plus importante : digues, zone urbanisée d'Avignon, secteur de la Courtine, etc.

Le maillage ainsi construit est présenté sur la figure ci-après. Il comprend près de 600 000 nœuds, pour environ 1 200 000 mailles. La taille de maille varie de 50 cm autour des piles des ouvrages à 50 m en champ majeur d'inondation sans enjeux.

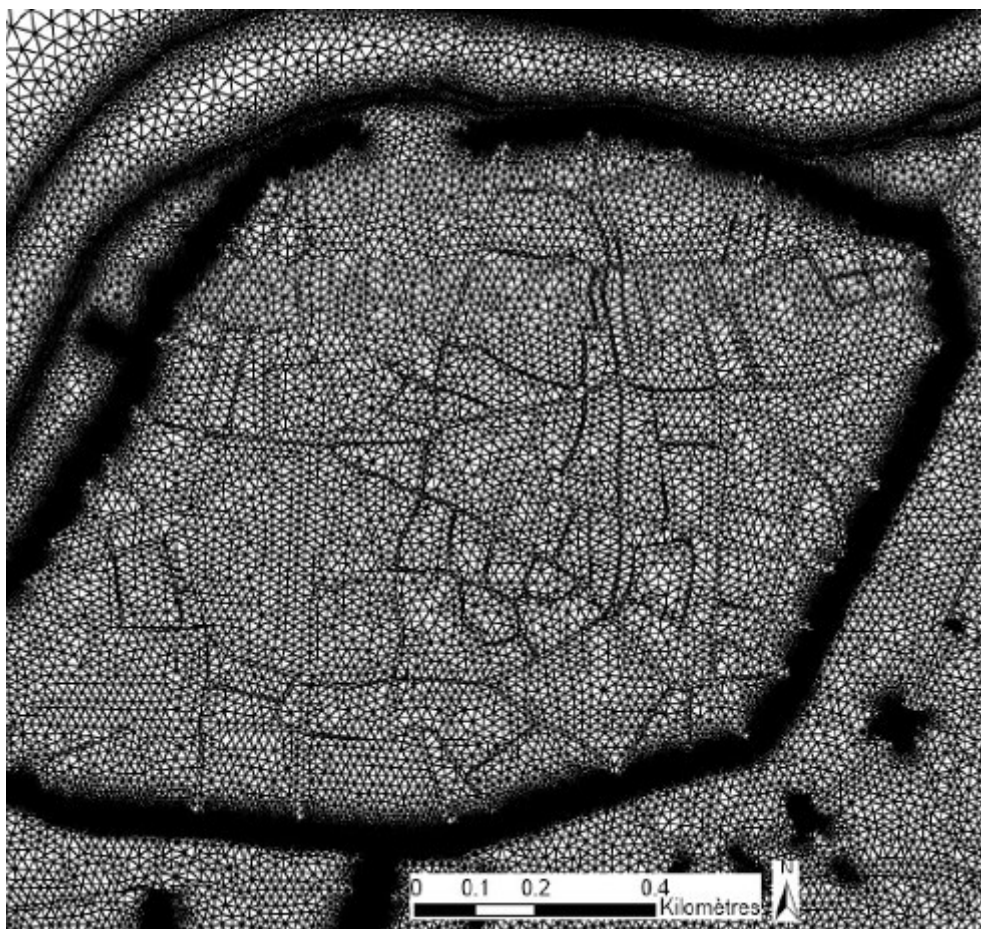


Illustration du maillage du modèle (zoom sur le centre historique d'Avignon)

3 – Données topographiques et bathymétriques

Les données topographiques et bathymétriques utilisées afin d'attribuer une cote à chacun des nœuds du maillage sont celles mentionnées au paragraphe « 1 – Collecte et synthèse des données », à savoir :

- en champ majeur : le MNT de la BDT Rhône ;
- en lit mineur du Rhône : les profils bathymétriques issus du modèle CNR (2004-2005). Ils comprennent également quelques profils sur la Durance au niveau de la confluence avec le Rhône ;
- en lit mineur de l'Ouvèze : à défaut de profils bathymétriques disponibles, des plans topographiques du cours d'eau en basses eaux ont été utilisés. Ils semblent correspondre à un lit mineur avec très peu d'eau, situé 1 à 2 m au-dessous du fil d'eau de la BDT Rhône, avec de nombreux atterrissements dégagés. Un MNT du lit mineur a été recréé à partir de ces données.

Des modifications ont de plus été apportées au MNT de la BDT Rhône afin de prendre en compte au mieux les ouvrages dans le modèle T2D au niveau des remparts et des ouvrages traversants les remblais.

La figure ci-après présente le MNT global utilisé dans le modèle T2D.



MNT global utilisé dans le modèle T2D

4 – Conditions limites

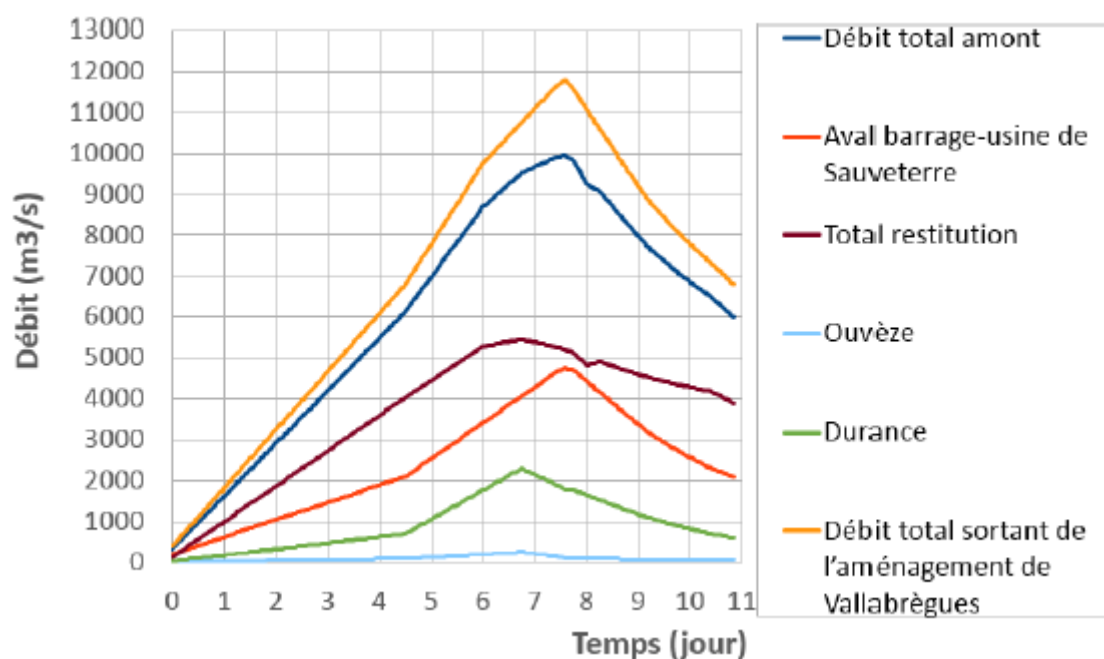
Comme mentionné au paragraphe « 1 – Collecte et synthèse des données », les conditions limites utilisées proviennent des données hydrologiques issues du modèle CNR et transmises par la DREAL de bassin :

- conditions limites amont : les hydrogrammes de crue sont disponibles au pas de temps horaire :
 - pour les 3 crues à simuler, ainsi que pour la crue de calage de 2003 ;
 - aux différentes entrées du modèle : barrage de Sauveterre, Ouvèze, restitution de la dérivation de Villeneuve et du barrage-usine d'Avignon et Durance.

Débits	Entrant dans le barrage de Sauveterre	Restitution bras de Villeneuve et de l'usine d'Avignon*	De l'Ouvèze	De la Durance
Crue fréquente (crue trentennale)	3 620 m ³ /s	4 773 m ³ /s	120 m ³ /s	1 400 m ³ /s
Crue moyenne (crue de référence, type crue de 1856)	4 750 m ³ /s	5 454 m ³ /s	250 m ³ /s	2 300 m ³ /s
Crue extrême (crue millénaire)	5 850 m ³ /s	6 333 m ³ /s	500 m ³ /s	2 200 m ³ /s

* Restitution bras de Villeneuve et de l'usine d'Avignon = Débit entrant dans la dérivation de Villeneuve

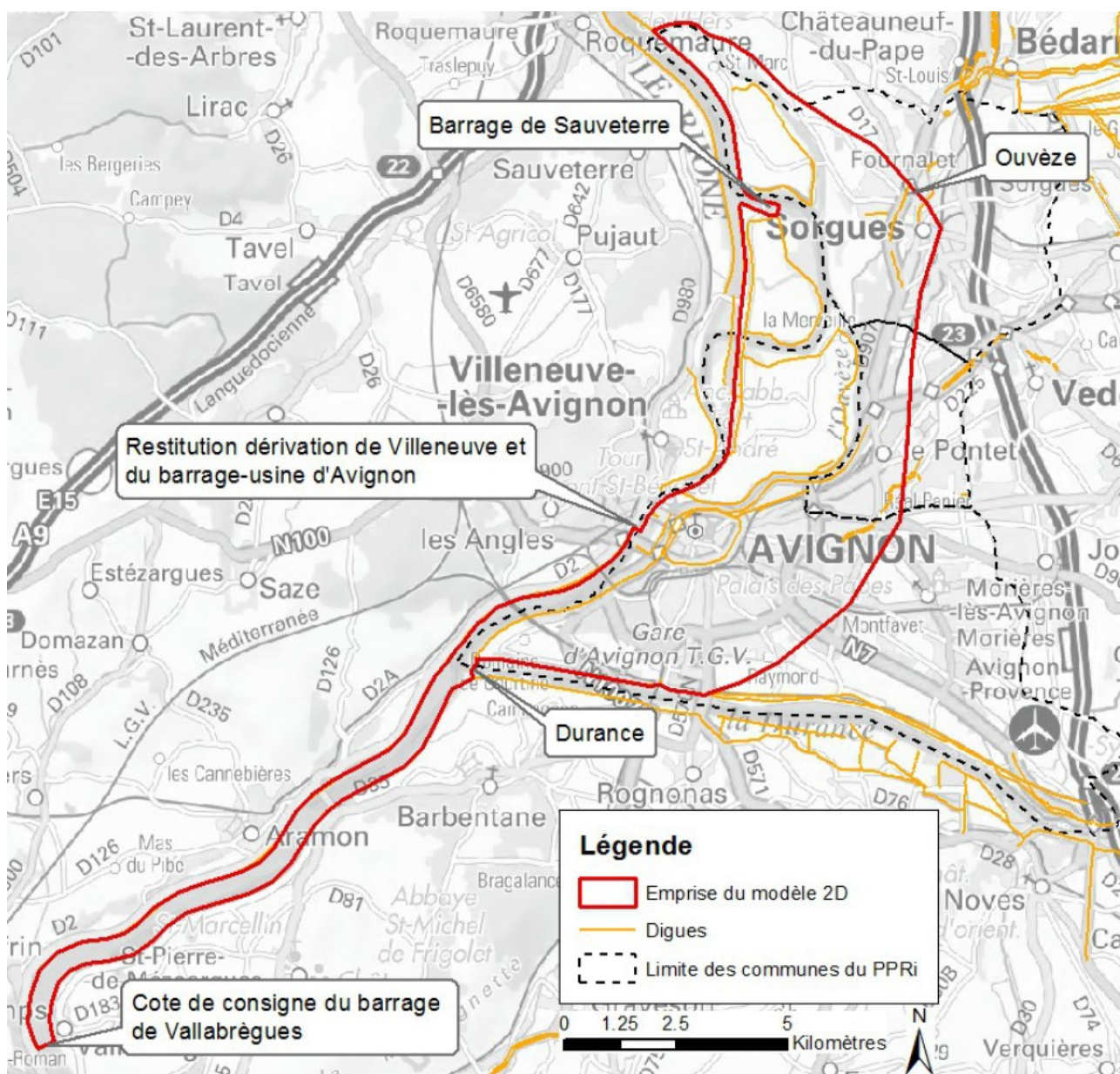
Débits des 3 crues étudiées aux différentes entrées du modèle



Hydrogrammes de la crue de référence

- conditions limites aval : limnigrammes de crue au pas horaires pour les différents scénarios de crue à modéliser au point de réglage du barrage de Vallabrègues.

La figure ci-après représente les entrées et sortie du modèle 2D.



Structure du modèle T2D – Emprise, entrées et sortie

III – Calage du modèle

Les paramètres de calage, ici les coefficients de rugosité (strickler) en lit mineur et lit majeur du modèle, sont calés par itérations successives afin de retrouver les observations faites lors de la crue de décembre 2003.

Cette crue étant peu débordante, les principales données de calage sont la ligne d'eau en lit mineur, observée et reconstituée par le modèle CNR, et les laisses de crue relevées en décembre 2003 en champ majeur sur l'île de la Barthelasse et à la confluence de l'Ouvèze sur Sorgues.

Globalement, la ligne d'eau calculée en lit mineur est bien calée avec des stricklers de 50 en lit mineur et 22 en champ majeur. De plus, la ligne d'eau calculée en lit mineur du bras d'Avignon est très cohérente avec la revanche de 70 cm observée en 2003 sur la digue de la route touristique (secteur digue des Jardins Neufs).

Le calage sur les PHE de l'île de la Bartelasse est très satisfaisant. Sur la zone de confluence de l'Ouvèze, les tests de sensibilité ont montré qu'il dépendait fortement du débit de l'Ouvèze en 2003.

Ainsi, en procédant par itération pour atteindre les valeurs de calage, la valeur retenue pour le strickler en lit mineur est de 50 et sur les îles et plaines inondables de 22.

IV – Analyse de sensibilité

1 – Coefficients de rugosité sur les zones urbanisées d'Avignon :

Pour un scénario de rupture de digues causant l'inondation du centre urbain d'Avignon, la variation de plus ou moins 20 % appliquée sur les stricklers retenus sur les zones urbanisées d'Avignon entraîne une variation de seulement 1 % de la surface totale inondée, et a un impact négligeable sur les hauteurs et vitesses calculées.

Ces résultats montrent que le modèle est peu sensible à la valeur des coefficients de rugosité en champ majeur urbanisé. Le modèle restera donc correctement calé en cas de modifications ponctuelles des espaces urbanisés (présence de nouvelles constructions par exemple qui modifieraient légèrement ce coefficient).

2 – Volumes des hydrogrammes de crue du Rhône

Les hydrogrammes de la crue de référence s'étalent sur 13.5 jours, alors que ceux de la crue de décembre 2003 sur seulement 5 jours. Cette différence en termes de cinétique et de volume peut avoir une influence sur les résultats du modèle, notamment sur les scénarios de brèches. La sensibilité du modèle a été testée sur un scénario de brèche en modulant les hydrogrammes de la crue de référence avec :

- des hydrogrammes augmentés de 20 % : le débit de pointe est conservé, la durée du pic est augmentée afin d'avoir un gain de volume de 20 % sur l'hydrogramme. Le pic de crue dure ainsi 28 h et la crue totale dure environ 14,5 jours ;
- des hydrogrammes diminués de 20 % : le débit de pointe est conservé, les durées de crue et décrue sont modifiées afin d'avoir une perte de volume de 20 % sur l'hydrogramme. La durée totale de la crue est ainsi d'environ 11 jours.

La diminution du volume de l'hydrogramme a très peu d'influence sur les résultats de la modélisation, en revanche, l'augmentation a un impact non négligeable (compris entre 0.5 à 1 m d'eau sur la zone résidentielle au sud des remparts et supérieur à 1 m sur la pointe de Courtine et dans l'enceinte des remparts).

Ce test montre donc bien la nécessité de mettre en place un scénario de gestion de crise robuste qui puisse s'adapter en cas où une crue plus importante que la crue de référence (hydrogramme et débit de pointe) du PPRi arrêtée par la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes et validée en comité de bassin impacterait les zones urbanisées d'Avignon.

3 – Débit de pointe des hydrogrammes de crue du Rhône

La sensibilité du modèle vis-à-vis de l'estimation du débit de pointe est testée avec une augmentation de 10 % du débit de pointe, sur un scénario sans défaillance des ouvrages de protection.

La ligne d'eau maximale ainsi calculée est située environ 30 cm au-dessus de celle de base entraînant des surverses sur la digue de la route touristique sur le secteur des Jardins Neufs, ainsi que des entrées d'eau dans le centre historique au niveau de la porte de l'Oulle et dans la zone résidentielle au niveau de l'échangeur du pont de l'Europe.

Là encore, le test montre bien la nécessité de mettre en place un scénario de gestion de crise robuste qui puisse s'adapter en cas où une crue plus importante que la crue de référence (hydrogramme et débit de pointe) du PPRi arrêtée par la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes et validée en comité de bassin impacterait les zones urbanisées d'Avignon.

V – Détermination de l'aléa de référence

La crue de référence (type 1856) est modélisée pour différents scénarios selon l'état des ouvrages de protection. A l'exception des digues CNR qui sont dimensionnées pour résister à une crue millénale, les ouvrages de protection (digues et remparts) peuvent être considérés suivant différents états, comme : résistant à la crue, transparents ou présentant des brèches.

Les scénarios de brèche sont étudiés pour la digue de la route touristique, le remblai SNCF, la digue de Bonaventure et les remparts.

Les batardeaux sont quant à eux considérés comme :

- tous en place ;
- tous absents ;
- tous en place sauf un ou deux ;
- tous en place mais avec rupture d'un ou deux batardeaux durant la crue.

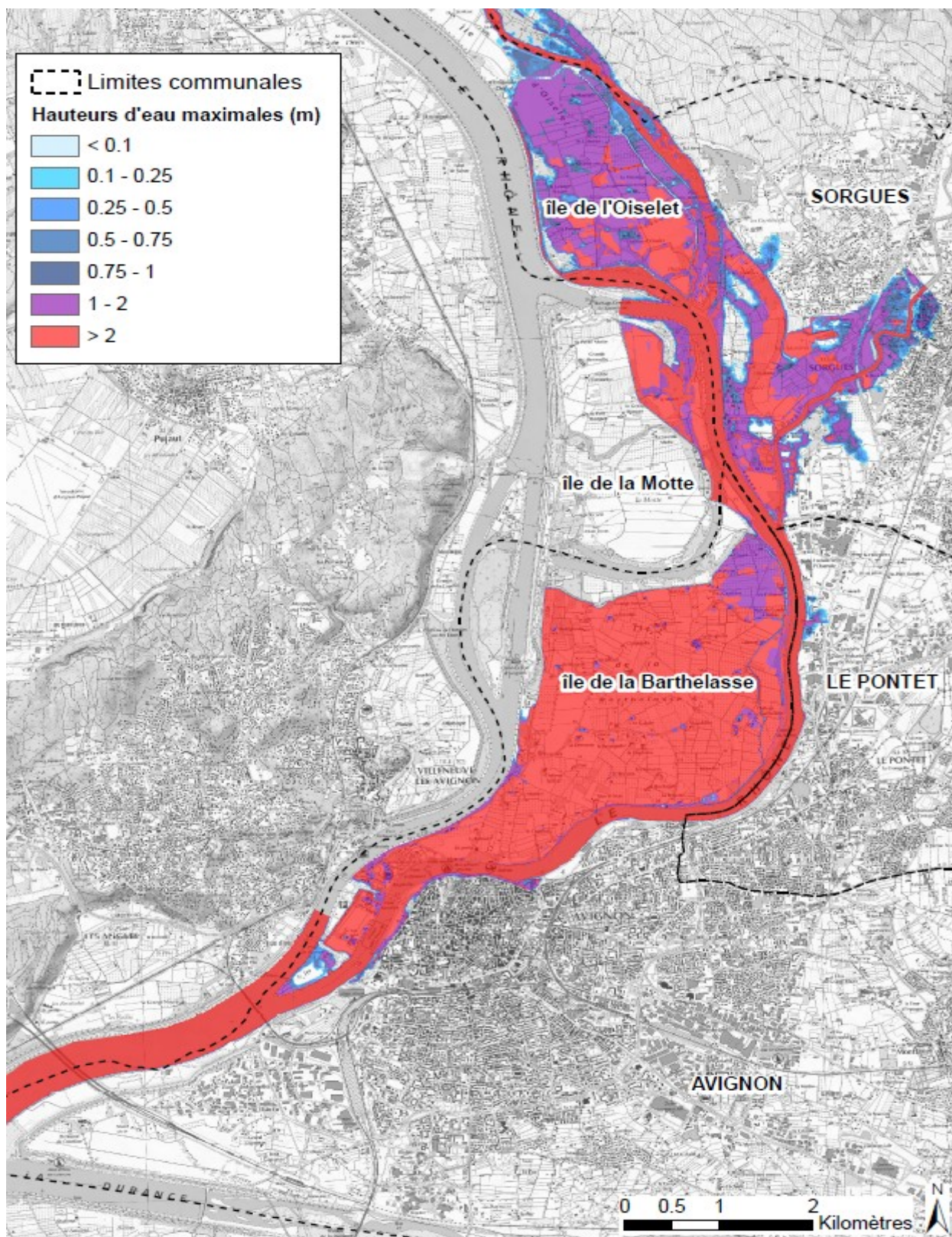
Le détail des hypothèses faites pour les différents scénarios et les résultats des simulations sont présentés dans les paragraphes suivants. Ils permettent d'alimenter la réflexion sur le scénario ou la combinaison de scénarios à retenir pour l'aléa de référence du PPRi.

1 – Résistance de tous les ouvrages

Le scénario de résistance des ouvrages avec batardeaux en place correspond à la situation de base, c'est-à-dire qu'aucune hypothèse de défaillance, ni des ouvrages, ni de la gestion de crise, n'est faite.

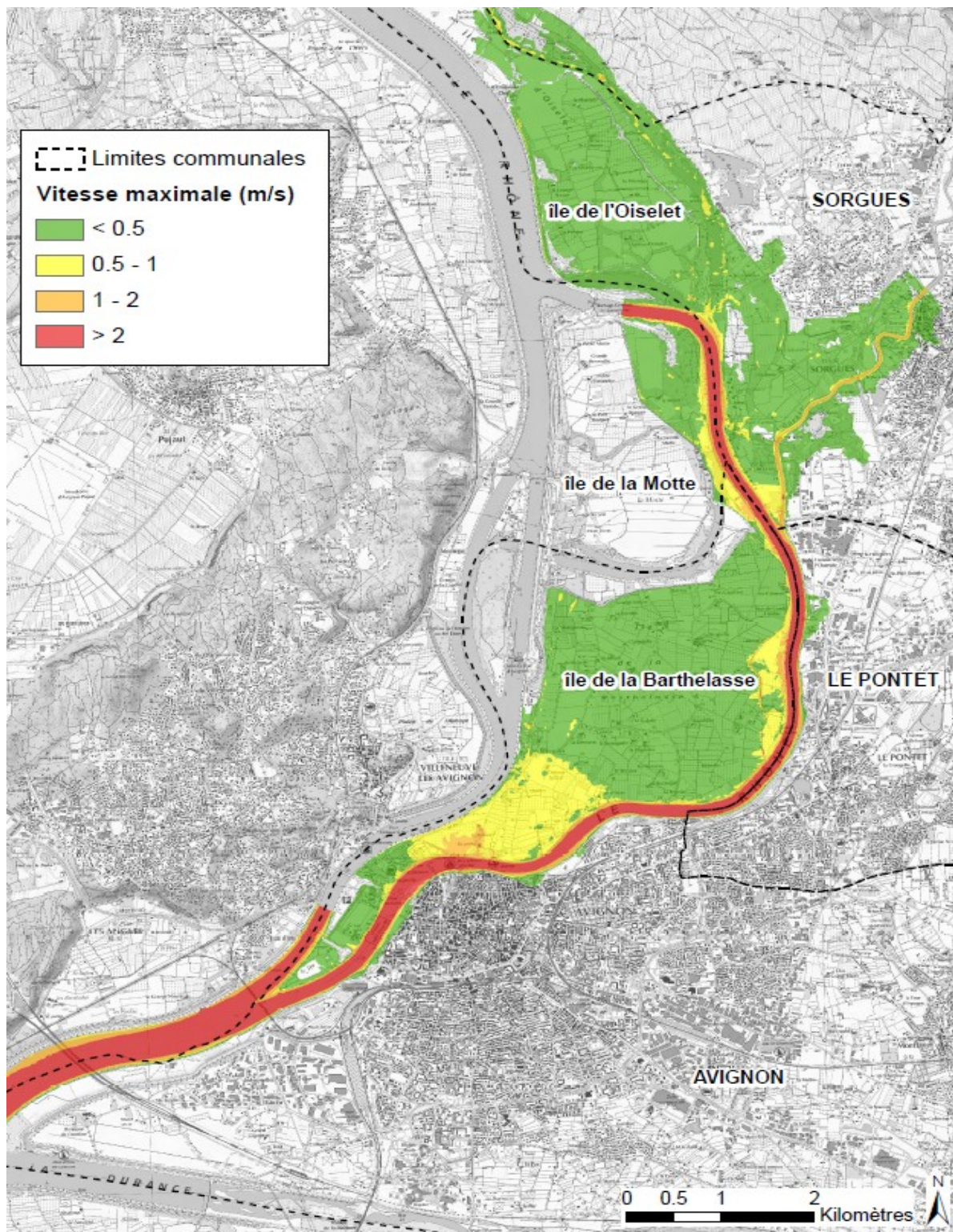
La crue de référence est très proche en débit de pointe de la crue de calage de décembre 2003 (4 750 m³/s pour 4 272 m³/s entrant au niveau du barrage de Sauveterre) mais son hydrogramme de crue étant plus long (11 jours pour 5 jours), elle présente un volume bien plus important. Les configurations obtenues pour ces deux crues restent similaires :

- la ligne d'eau du scénario 1.1 se place en moyenne 15 cm au-dessus de celle de la crue de calage de 2003 dans le bras d'Avignon, avec un écart maximum observé au niveau du remous au PK 240,00 (digue des Jardins Neufs) d'environ 30 cm ;
- les deux crues sont non débordantes sur Avignon ;
- les surfaces inondées (île de l'Oiselet, Sorgues, île de la Motte, île de la Barthelasse) sont similaires à l'enveloppe de la crue de 2003.



Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Résistance de tous les ouvrages »

Les vitesses maximales calculées en champ majeur sont globalement faibles (inférieures 0,5 m/s), on note toutefois des vitesses plus importantes sur la partie délimitée par la digue est de l'île de la Barthelasse en champ majeur droit du bras d'Avignon (jusqu'à 0,8 m/s) et sur la partie sud de l'île de la Barthelasse où les eaux déversent sur la digue (jusqu'à 1,6 m/s).

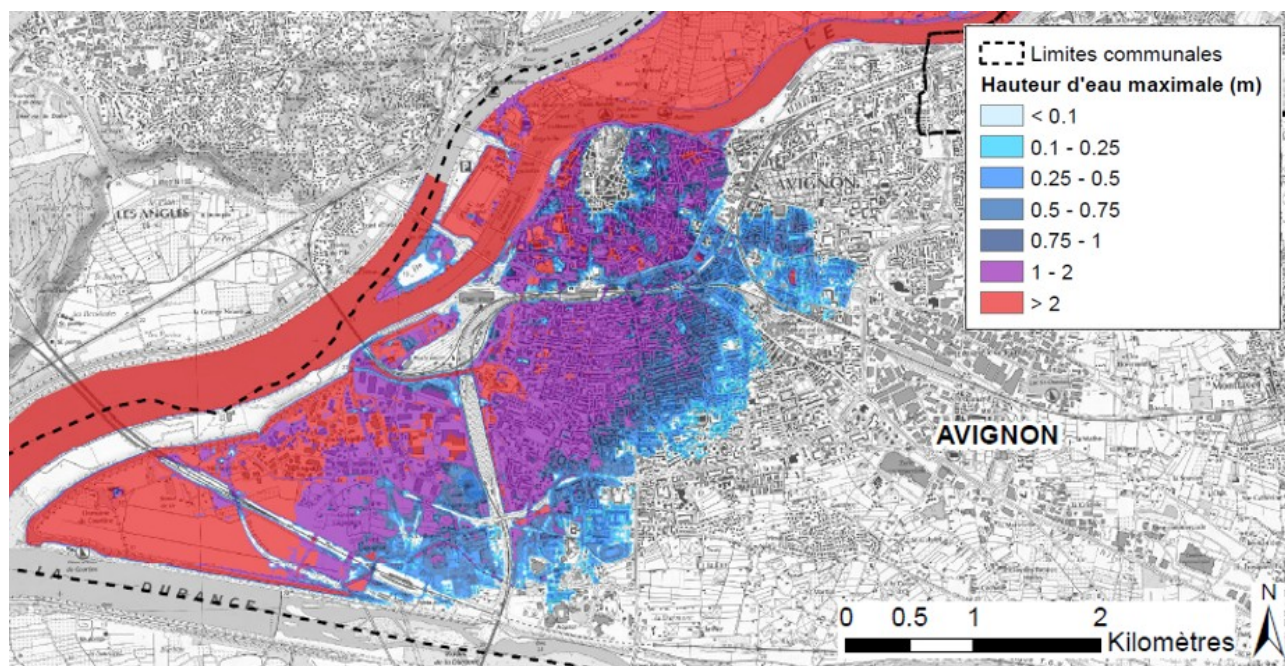


Carte des vitesses maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Résistance de tous les ouvrages »

2 – Batardeaux absents

Le scénario de résistance des ouvrages mais sans batardeaux sur les remparts correspond à une hypothèse de défaillance dans la gestion de crise ayant empêché la mise en place de tous les batardeaux.

Ce scénario met en évidence l'intérêt des batardeaux sur les remparts. En effet, la zone inondée en l'absence des batardeaux s'étend sur tout le centre historique dans l'enceinte des remparts (à l'exception du rocher des Doms), sur la zone urbaine résidentielle au sud des remparts et sur la zone d'activités de Courtine.



Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Batardeaux absents » – Zoom sur les zones urbaines d'Avignon

La comparaison avec la situation avec batardeaux montre que la ligne d'eau maximale calculée dans le lit mineur du bras d'Avignon n'est abaissée que de 5 cm au maximum (remous au niveau du PK 240,0). Les débordements dans la ville d'Avignon n'ont pas d'impact sur les surfaces inondées en amont (îles de l'Oiselet, de la Motte et de Barthelasse et Sorgues). De même, les débordements n'entraînent pas d'écroulement de la crue.

Les vitesses calculées en champ majeur sont globalement inférieures à 0,5 m/s avec des pointes de vitesses pouvant dépasser 2 m/s dans les axes principaux au niveau des passages routiers notamment.

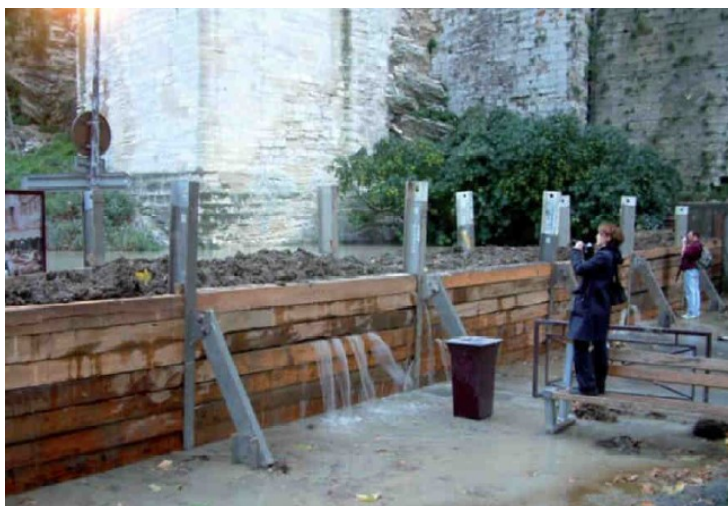
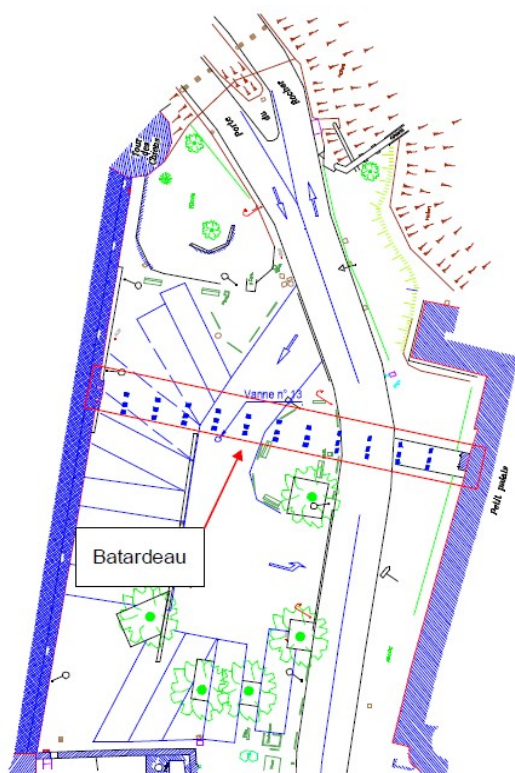
3 – Batardeau du parking Ferruce absent

Les batardeaux sont gérés par le Service Voirie des Services Techniques de la ville d'Avignon dont les agents reçoivent des formations particulières pour la mise en place des différents types de batardeaux une fois par an avec mise en pratique. En 2003, tous les batardeaux ont été mis en place sur les remparts, et l'inondation du centre-ville d'Avignon a ainsi pu être limitée.

L'hypothèse d'absence de tous les batardeaux du scénario précédent peut donc sembler pessimiste.

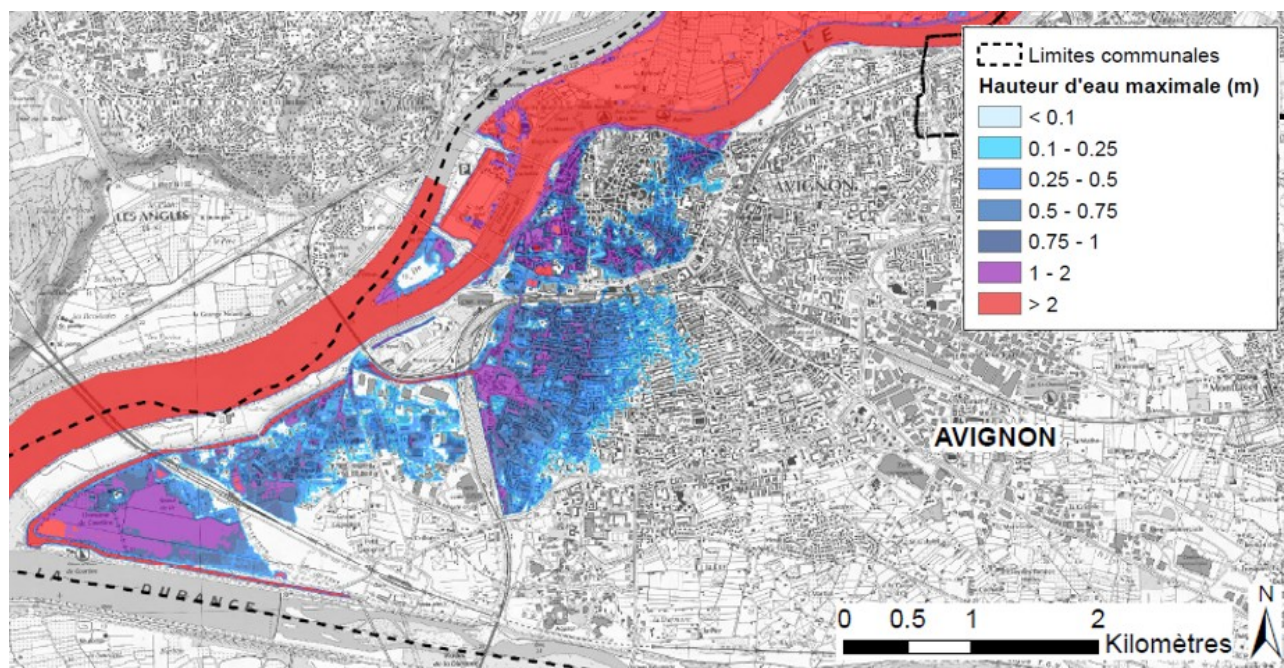
Toutefois, le batardeau du parking Ferruce de par sa longueur et du fait du dispositif utilisé (double rangées de madriers placés horizontalement entre des glissières métalliques entre lesquelles un mélange de terre-fumier est remblayé et compacté), peut poser des difficultés lors de sa mise en place. En effet, sa longueur de 45 m le rend sensible à la pression de l'eau et on ne peut totalement écarter l'hypothèse d'un acte de malveillance ou d'un retard pris lors de la pose en cas de sursollicitation des services techniques de la ville lors de la gestion de crise.

Le présent scénario propose donc d'étudier une situation avec batardeaux en place sauf au niveau du parking Ferruce (et autres ouvrages de protection résistants).



Dispositif de protection du parking rue Ferruce et photo du batardeau lors de la crue de 2003

Le débit de pointe entrant dans les remparts en l'absence du batardeau est de 18 m³/s. Les eaux s'étendent dans l'enceinte des remparts et se répandent jusqu'au quartier Champfleury au sud des remparts et la presqu'île de Courtine.



Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Batardeau du parking Ferruce absent » – Zoom sur les zones urbaines d'Avignon

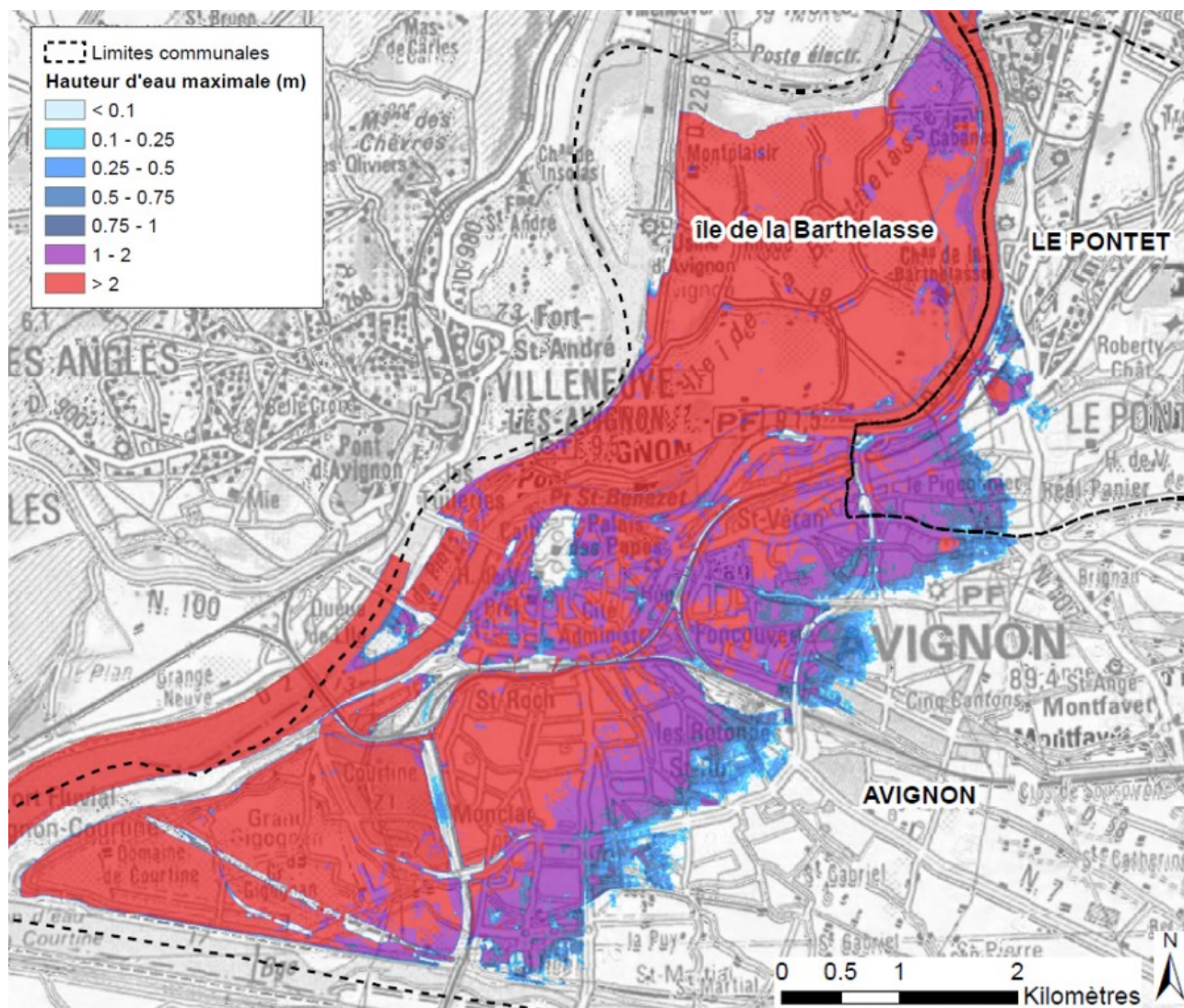
Les vitesses calculées en champ majeur sont globalement inférieures à 0,5 m/s avec des pointes de vitesses pouvant dépasser 2 m/s dans les axes principaux au niveau des passages routiers notamment.

4 – Effacement des ouvrages

Le scénario d'effacement des ouvrages de protection (hors digues CNR) est un scénario théorique considérant les remparts, la digue de la route touristique, la digue de Bonaventure et le remblai PLM comme inexistantes. Il permet d'établir l'enveloppe maximale que pourrait occuper la crue de référence en l'absence d'ouvrages d'ouvrages de protection.

Les débordements en rive gauche du bras d'Avignon sont conséquents et inondent les communes du Pontet et d'Avignon. En effet, le sud-est du Pontet (quartiers du Pigeonnier, des Agassins et de la Croix Verte) est inondé, avec des hauteurs d'eau supérieures à 1 m et atteignant jusqu'à 2,5 m. De même, le centre historique d'Avignon, le quartier des Jardins Neufs, les zones résidentielles à l'est et au sud des remparts et la zone d'activités sur Courtine sont inondés avec des hauteurs d'eau supérieures à 1 m et atteignant jusqu'à près de 5 m d'eau sur la pointe de Courtine.

La ligne d'eau maximale dans le lit mineur du bras d'Avignon est légèrement abaissée du fait des débordements en rive gauche, 5 à 10 cm en moyenne, avec un écart maximum de 15 cm. L'hydrogramme dans le bras d'Avignon en aval des débordements n'est écrêté que de 100 m³/s environ par rapport au scénario 1.1 (débit de pointe de 4 660 m³/s pour 4 766 m³/s).



Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Effacement des ouvrages » – Zoom sur Avignon et Le Pontet

Les vitesses calculées en champ majeur (Cf. carte jointe) sont globalement inférieures à 0,5 m/s avec des pointes de vitesses pouvant dépasser 2 m/s dans les axes principaux au niveau des passages routiers notamment.

5 – Brèches dans les diques

5.1. Hypothèses

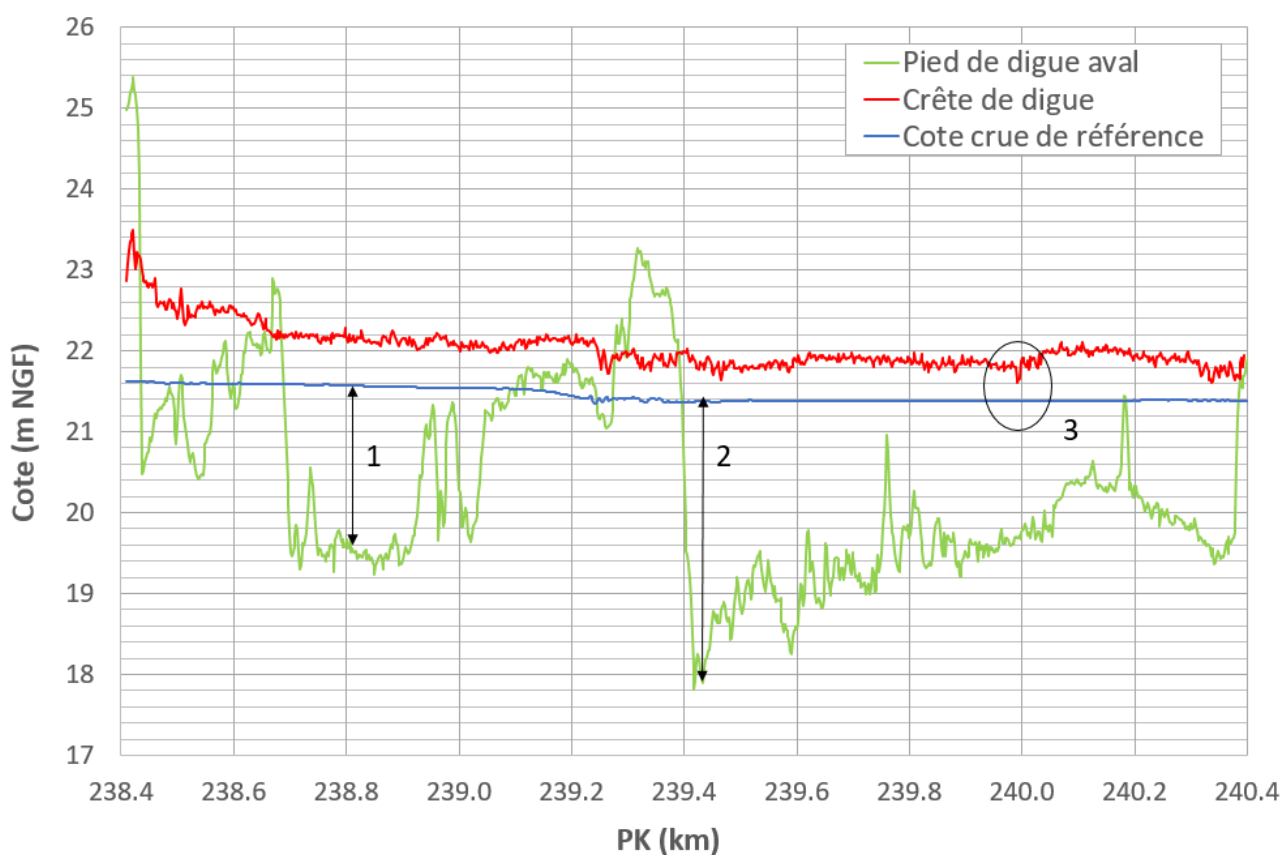
5.1.a. Brèche de 1^{er} rang dans la digue de la route touristique

Aucun événement historique connu ne fait état d'une rupture de la digue de la route touristique. Le seul diagnostic disponible sur cet ouvrage est celui de l'étude de danger d'ISL datant de 2013 et ne portant que sur la portion sud de la digue, située sur la commune d'Avignon, également appelée digue des Jardins Neufs. On note en particulier les points suivants :

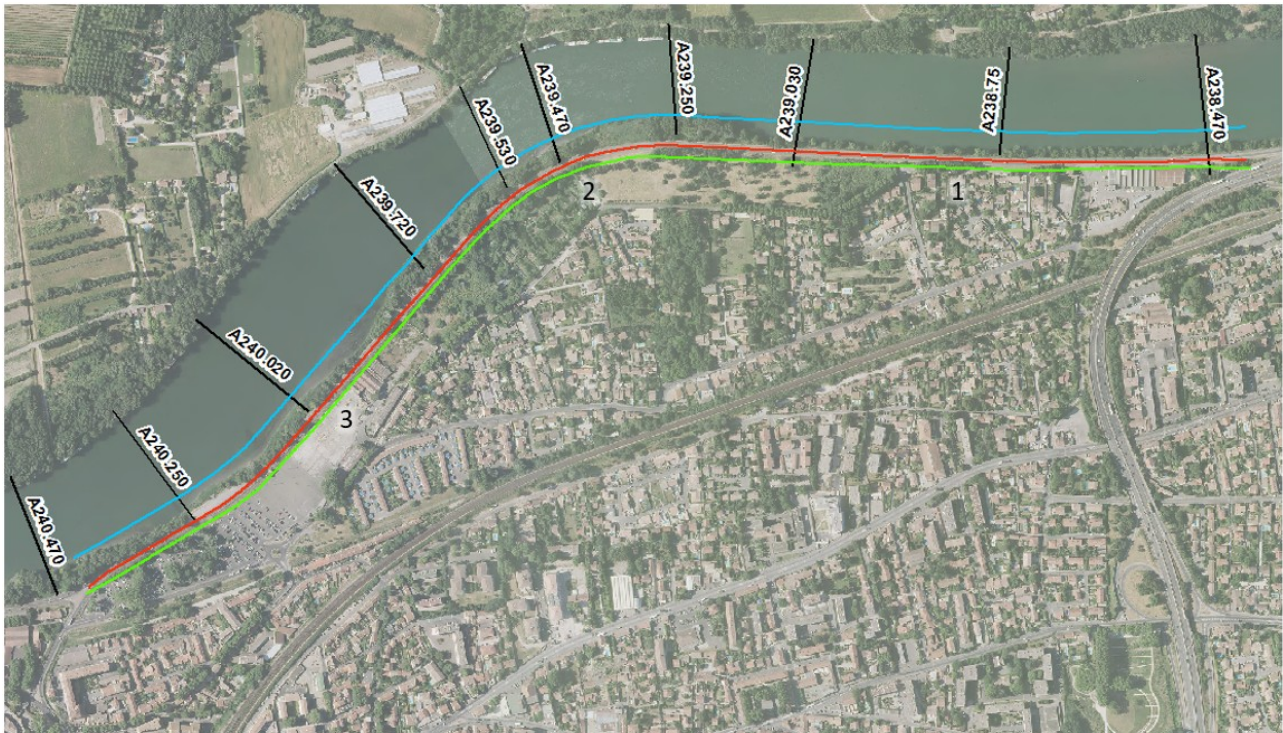
- Le remblai côté Rhône est revêtu d'une dalle béton ce qui renforce l'étanchéité de la digue ainsi que sa résistance à l'érosion externe ;

- Un système de drainage permet d'évacuer les eaux d'infiltration ;
- La raideur des talus (1/1 côté fleuve et 3/2 côté terre) et la hauteur de digue importante atteignant par endroit 3,5 m peuvent être la cause de glissement de talus. Cependant la rupture totale de la digue reste peu probable du fait de sa largeur (plateforme routière de 10 m de large) ;
- Les caractéristiques des matériaux de la digue et des fondations sont inconnues ; des études complémentaires seraient nécessaires pour pouvoir statuer avec plus de précision sur la stabilité et le risque de rupture de la digue.

Ce diagnostic a été complété avec une analyse de la ligne d'eau issue de la modélisation 2D pour la crue de référence comparée aux cotes de crête et de pied de digue extraites de la BDT Rhône :



Comparaison de la ligne d'eau de la crue de référence avec la crête et le pied de digue aval de la digue des Jardins Neufs



Plan de situation des lignes de cotes présentées ci-dessus avec les PK le long de la digue des Jardins Neufs

Il est proposé 3 points de faiblesse pour simuler une brèche sur le linéaire de la digue des Jardins Neufs :

- (1) PK 238,8 : forte charge hydraulique et vitesses importantes (point proche de la brèche de l'EDD) ;
- (2) PK 239,4 : forte charge hydraulique mais vitesses modérées ;
- (3) PK 240,0 : revanche minimale de 20 cm (point bas du parking), les vitesses sont modérées.

Sur ces 3 points de faiblesse, le point 3 (amont du parking des Italiens) paraît le plus pertinent, car il correspond à un point bas de la digue, s'étalant sur 10 m environ, qui pourrait facilement être concerné par un risque de surverse en cas d'effet de vague.

Risque de rupture sur la digue du Pontet

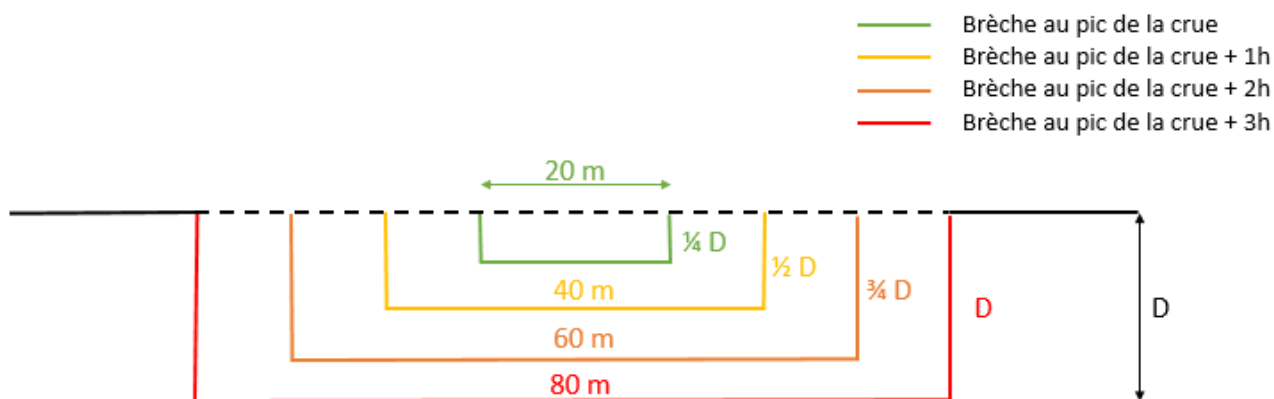
Enfin, afin de compléter cette analyse, la ligne d'eau de la modélisation 2D pour la crue de référence a également été comparée avec les cotes de crête et de pied de digue sur la portion nord de la digue située sur la commune du Pontet et appelée digue du Pontet.

Sur cette portion, la digue présente une revanche de près d'un mètre sur la totalité du linéaire. Une rupture par surverse paraît donc peu probable. Par ailleurs, bien que les caractéristiques géométriques et géotechniques de la digue ne soient pas connues, une rupture par renard hydraulique semble également peu probable compte-tenu de la présence de la route en crête de digue. Ce secteur ne sera donc pas retenu pour un scénario de brèche.

Géométrie et cinétique de formation de la brèche de 1^{er} rang retenue

La largeur proposée pour la brèche dans la digue de la route touristique sur le tronçon des Jardins Neufs est de 80 m, comme dans l'EDD de la Ville d'Avignon.

La cinétique de formation proposée est d'une durée de quelques heures après le pic de la ligne d'eau au droit du point de brèche (cinétique de formation de brèche par surverse) :

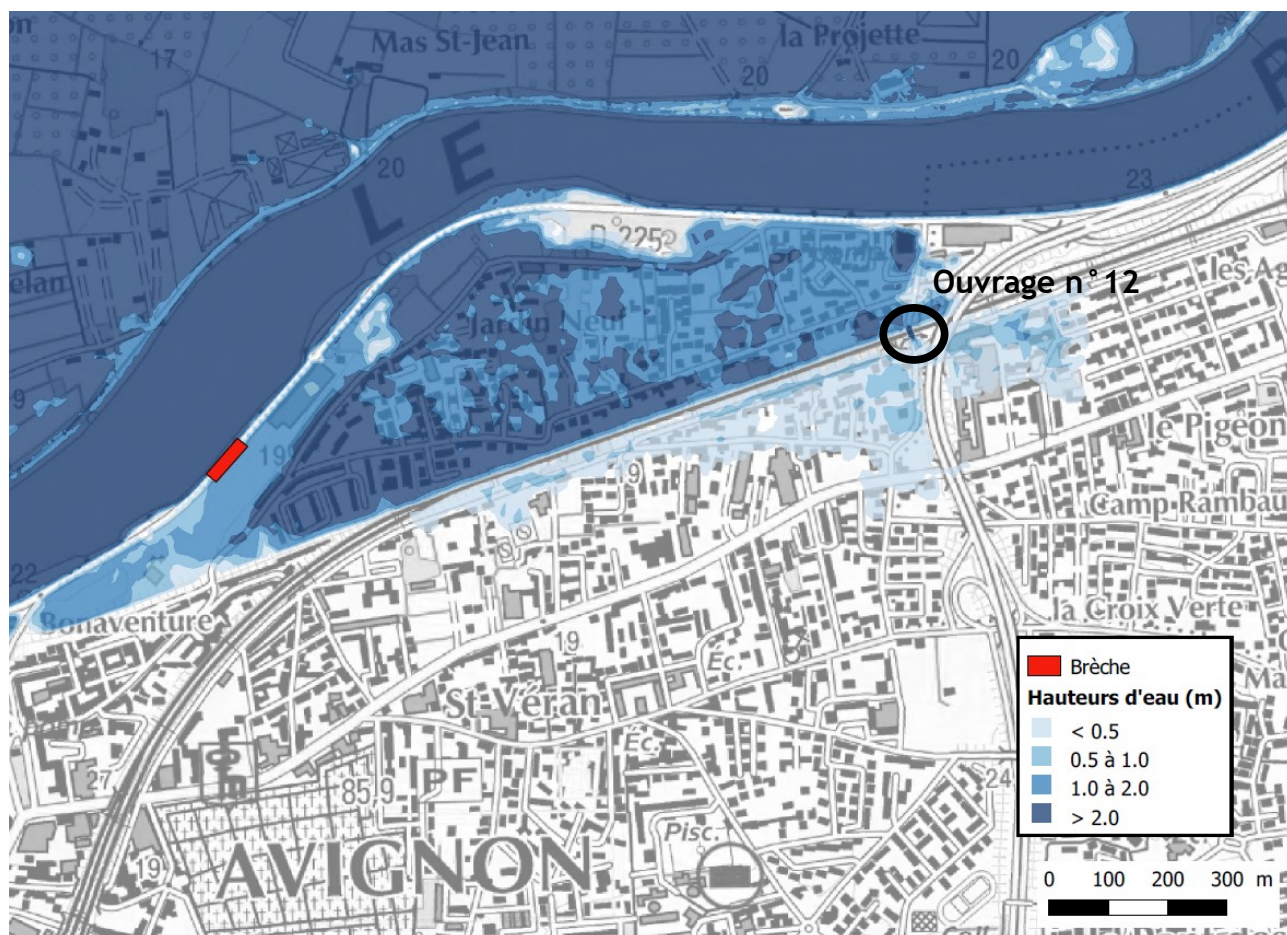


Principe d'ouverture de la brèche dans la digue des Jardins Neufs

5.1.b. Brèche de 2nd rang

Une première simulation de la crue de référence avec une brèche dans la digue des Jardins Neufs a été réalisée afin d'évaluer la probabilité de la formation d'une brèche de 2nd rang dans le remblai SNCF ou dans la digue de Bonaventure implantés en aval de la digue des Jardins Neufs et de déterminer ses caractéristiques (position, géométrie et cinétique de rupture).

Le casier formé par la digue des Jardins Neufs et le remblai en aval se remplit en environ 4 h à partir du début de la formation de la brèche de premier rang.



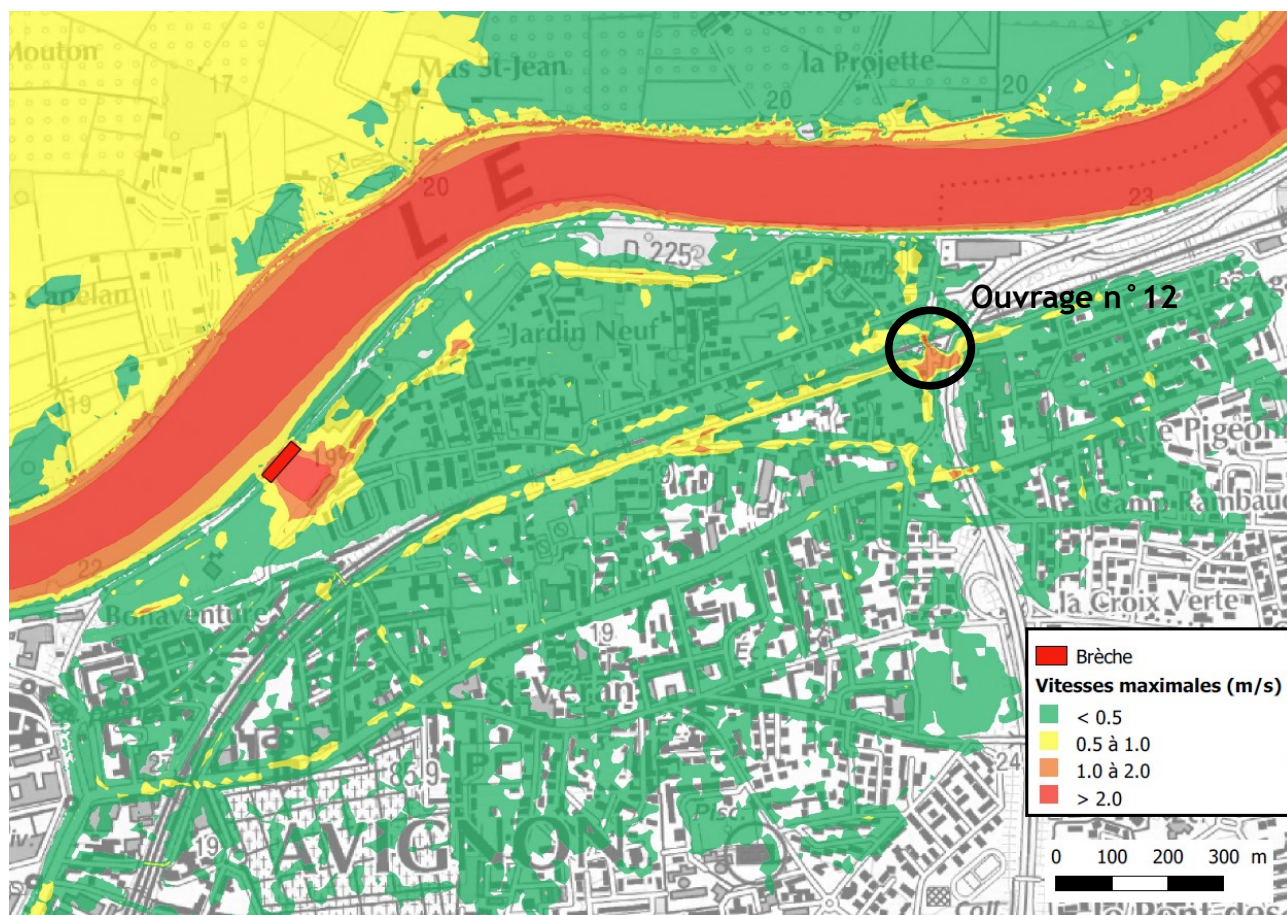
Hauteurs d'eau calculées 4 h après le début de la formation de la brèche de 1^{er} rang

Remblai SNCF

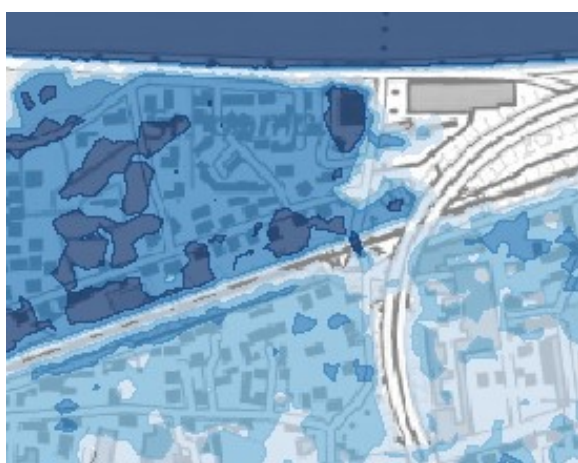
Le remblai SNCF reste hors d'eau durant toute la crue et présente une revanche d'environ 3,5 m par rapport à la cote d'eau maximale atteinte en amont du remblai. Une rupture par surverse n'est donc pas envisageable.

Par ailleurs, le gradient hydraulique de part et d'autre du remblai est de l'ordre de 1,5 m pour une largeur de remblai de 20 m, rendant la probabilité de rupture par érosion interne peu probable. Toutefois, l'état du remblai n'est pas connu. La présence de terriers, par exemple, pourrait rendre l'ouvrage vulnérable à l'érosion interne.

Seul l'ouvrage traversant n°12 (sous la voie ferrée, à proximité du pont de la rocade) permet l'évacuation des eaux. Cet ouvrage peut constituer un point faible du remblai, en effet, on observe des vitesses d'écoulement relativement importantes, de l'ordre de 1,8 m/s, en sortie d'ouvrage, qui pourraient mettre en danger le remblai vis-à-vis de l'érosion externe (cf. carte ci-après). Toutefois, l'approche de l'ouvrage est protégée par des murets (cf. photo ci-après), et les hauteurs d'eau maximales en sortie d'ouvrage étant inférieures à 0,5 m, une rupture par érosion externe paraît peu probable.



Vitesses maximales calculées



Hauteurs d'eau maximales calculées et photographie de l'ouvrage n°12

Au vu de ces résultats, des caractéristiques géométriques du remblai et bien que l'état de celui-ci ne soit pas bien connu, une rupture, quel que soit le mode, paraît assez improbable.

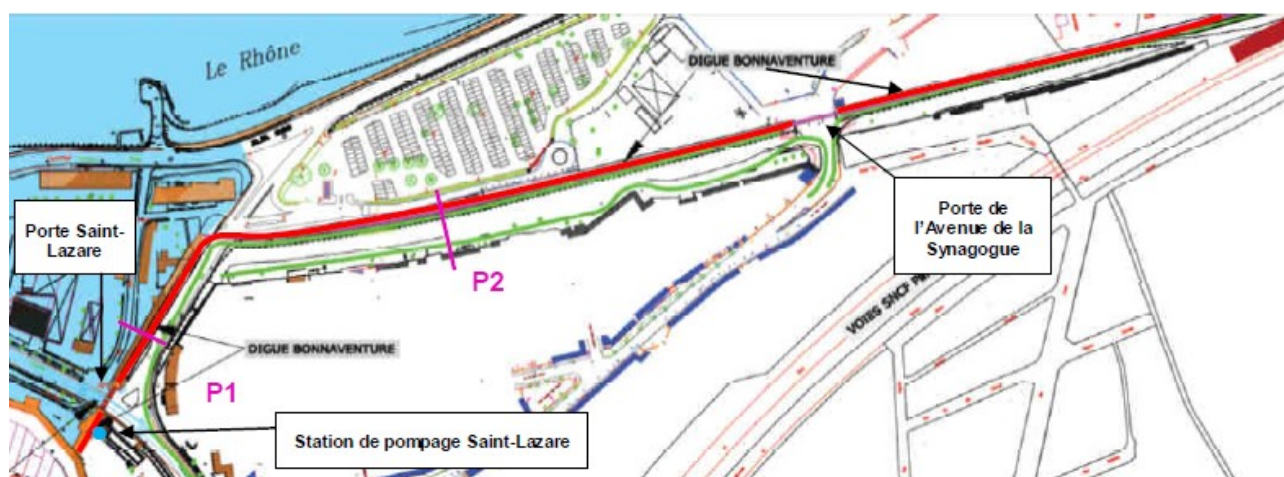
Digue de Bonaventure

Une brèche de 2nd rang n'est cependant pas totalement exclue étant donné que le casier est fermé à l'ouest, au niveau des remparts, par la digue de Bonaventure. On s'intéresse ici à la

probabilité de rupture du tronçon de digue compris entre l'avenue des Italiens et le remblai ferroviaire (profil P2 sur la carte ci-dessous).



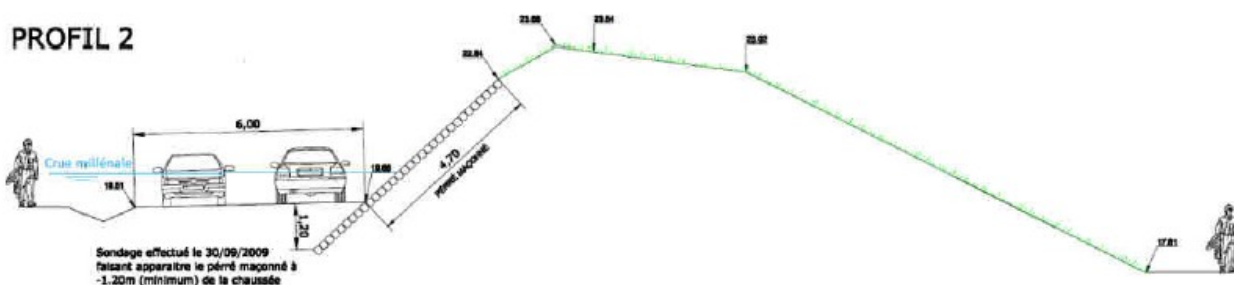
Photographies de la digue de Bonaventure (talus amont à gauche, talus aval à droite)



Vue en plan de la digue de Bonaventure (source ISL)

Les caractéristiques de le tronçon de la digue de Bonaventure au niveau du profil P2 sont les suivantes (source ISL) :

- largeur en crête : 4 m environ ;
- talus avec perré maçonné côté Rhône penté à 1/1, ancré de plus de 1.2 m sous le terrain naturel ;
- talus côté ville penté à 2/1.



Coupe de la digue de Bonaventure au profil P2 (source ISL)

Les différents modes de rupture de la digue sont étudiés ci-après :

- Rupture par surverse : la crête de digue est assez irrégulière, et la revanche minimale observée par rapport à la crue de référence avec rupture de la digue des Jardins Neufs est d'environ 55 cm. La revanche au niveau de l'ouverture dans la digue de Bonaventure au passage de l'avenue de la Synagogue est de 40 cm, cependant des boitards et des glissières fixes sont prévus pour la mise en place de batardeaux.
- Rupture par instabilité : glissement du talus côté terre en crue et glissement du talus côté fleuve à la décrue. D'après l'EDD, la raideur des talus (1/1 côté fleuve et 2/1 côté ville) et la hauteur de digue comprise entre 3 et 5 m laisse supposer un risque de glissement des talus en cas de crue suffisamment importante pouvant entraîner la rupture totale. Bien qu'avec une rupture de la digue des Jardins Neufs le pied de la digue de Bonaventure soit en eau durant une trentaine d'heures, avec une hauteur d'eau max d'environ 1,5 m, la digue n'est pas exposée durant la totalité de la crue.
- Rupture par érosion externe : les vitesses maximales d'écoulement le long de la digue sont inférieures à 1 m/s, de plus le talus côté Rhône est protégé par un perré maçonné (voir illustration 3 des vitesses maximales calculées).
- Rupture par érosion interne : la charge hydraulique maximale est de 3,2 m pour une largeur d'environ 15 m, plusieurs désordres ont également été détectés lors de la VTA de l'EDD en 2012 (végétalisation, affaissement, terriers, soulèvement du perré maçonné lié à la présence d'arbres, etc.).

Suite à cette analyse et sans connaissance actualisée de l'état de la digue, une rupture par érosion interne semble possible au niveau où la charge hydraulique est maximale.

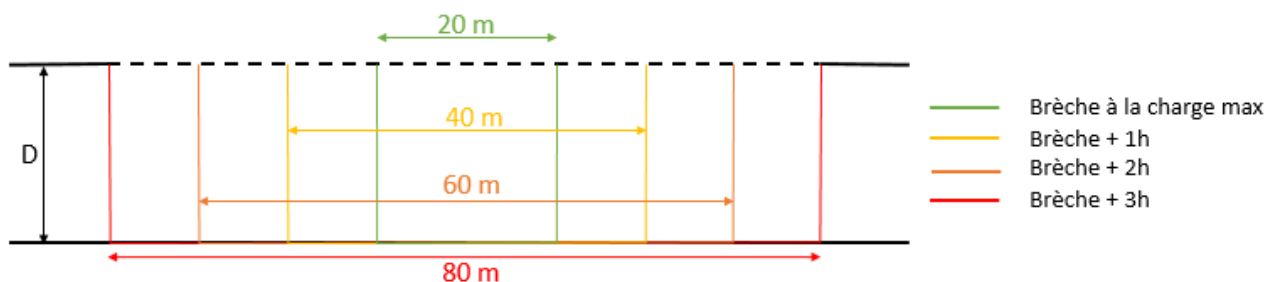


Localisation de la brèche potentielle dans la digue de Bonaventure (en jaune)

Géométrie et cinétique de formation de la brèche de 2nd rang retenue

La cinétique de formation proposée correspond à celle d'une brèche se formant par érosion interne, à savoir:

- formation de la brèche au moment où la charge hydraulique est maximale, soit ici, 4h après le début de formation de la brèche de 1^{er} rang,
- sur la hauteur totale de la digue, soit environ 4 m, sur une largeur initiale de 20 m et atteignant une largeur totale de 80 m en 3h.



Principe d'ouverture de la brèche de 2nd rang dans la digue de Bonaventure

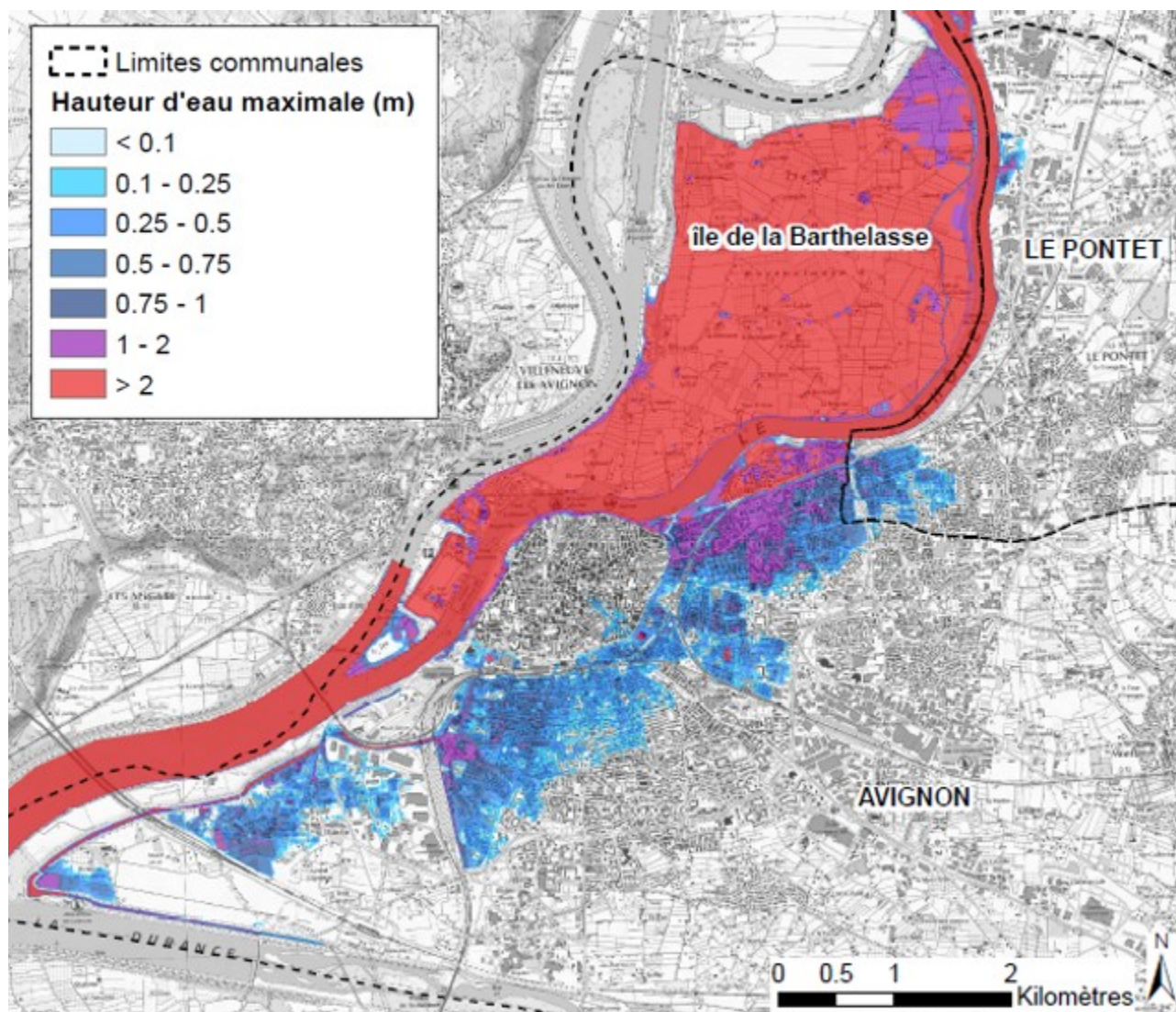
5.2. Résultats des simulations

Sur la base de ces deux hypothèses de brèches de 1^{er} et 2nd rang respectivement dans les digues de la route touristique (tronçon des Jardins Neufs) et de Bonaventure, plusieurs cas de figure ont été modélisés. Ils sont présentés ci-après.

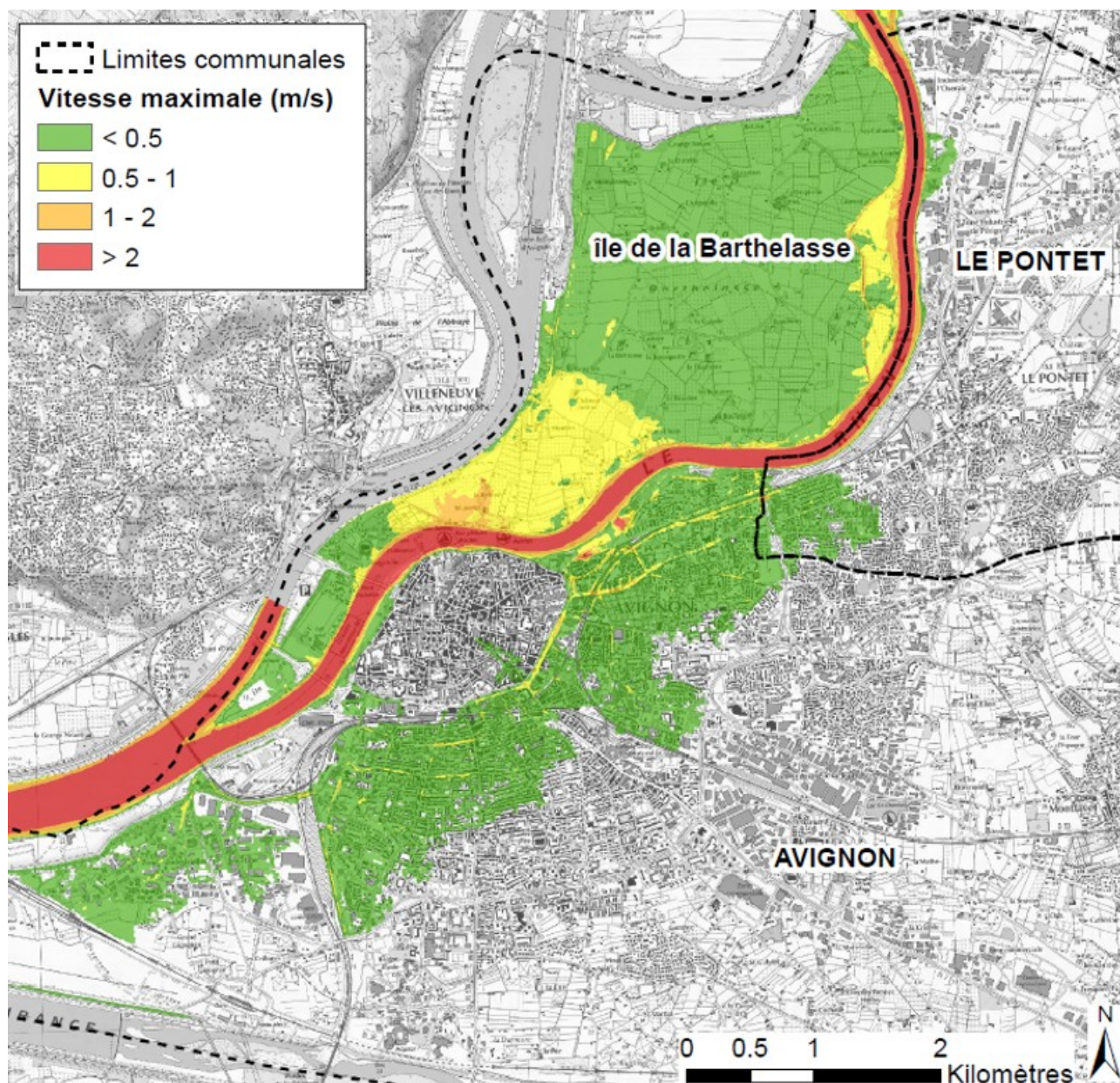
5.2.a. Brèches de 1^{er} et 2nd rangs

Suite à l'ouverture de la brèche dans la digue des Jardins Neufs, le casier formé par le remblai SNCF en aval se remplit en quelques heures (3,5 h environ) jusqu'à ce que les écoulements atteignent le passage routier et s'étalent dans la zone urbaine résidentielle d'Avignon et du Pontet. Cependant, l'ouvrage routier étant de dimension réduite, les niveaux d'eau dans le casier continuent de monter jusqu'à l'ouverture de la brèche de 2nd rang dans la digue de Bonaventure. Les eaux s'écoulent ensuite dans Avignon en empruntant les différents passages routiers sous le remblai SNCF jusqu'à atteindre la zone d'activités de Courtine. On note également une entrée d'eau dans le centre historique au niveau de la porte Limbert située au Sud-Est des remparts.

Les vitesses maximales calculées en champ majeur sont globalement inférieures à 0,5 m/s, avec des vitesses plus importantes sur les secteurs est et sud de l'île de la Barthelasse ainsi que dans les axes principaux de la ville d'Avignon notamment au droit des passages routiers. Les vitesses au droit des brèches atteignent jusqu'à 3,2 m/s.



Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Brèches de 1^{er} et 2nd rangs » – Zoom sur Avignon et Le Pontet



Carte des vitesses maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Brèches de 1^{er} et 2nd rangs » – Zoom sur Avignon et Le Pontet

Les débordements en rive gauche n'ont pas d'impact sur la ligne d'eau dans le bras d'Avignon, ni sur les inondations en amont de la brèche, ni sur l'hydrogramme de crue en aval.

Le même scénario a également été modélisé avec :

- Largeur de brèche Jardins Neufs de 80 m et largeur de brèche Bonaventure de 40 m ;
- Largeur de brèche Jardins Neufs de 40 m et largeur de brèche Bonaventure de 40 m.

La diminution de la largeur de la brèche dans la digue de Bonaventure seule a un impact négligeable sur les hauteurs d'eau maximales calculées (compris entre – 1 et +1 cm).

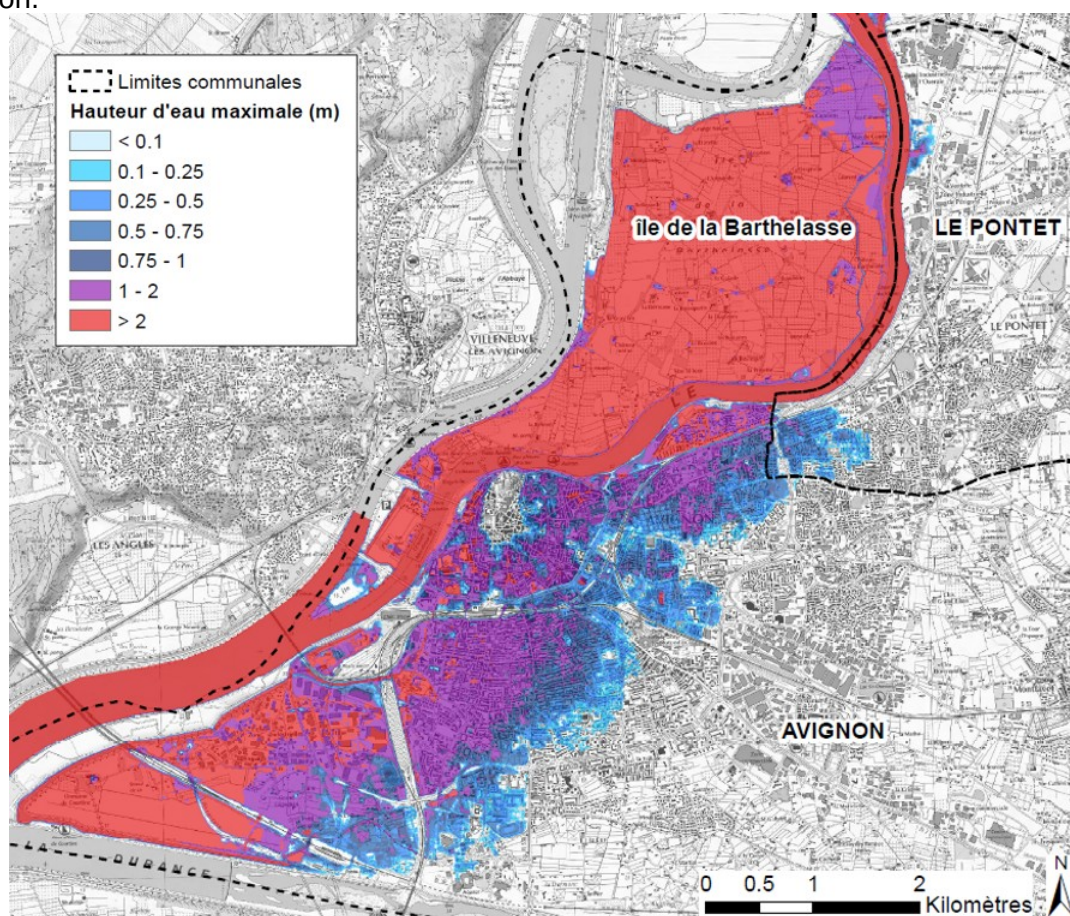
En revanche, la diminution des largeurs des deux brèches à 40 m au lieu de 80 m entraîne une diminution des hauteurs d'eau maximales calculées comprise entre 0,5 et 1 m sur plusieurs secteurs urbanisés à enjeux. La largeur de la brèche de 1^{er} rang est donc un paramètre sensible. **L'hypothèse la plus sécuritaire d'une largeur de 80 m est retenue.**

5.2.b. Brèches de 1^{er} et 2nd rangs, batardeaux absents

Le scénario de brèches concomitantes dans les digues des Jardins Neufs et de Bonaventure avec les batardeaux absents correspond à une hypothèse de défaillance des ouvrages de protection de la ville d'Avignon combinées à une défaillance de la gestion de crise ayant empêché la mise en place des batardeaux.

Les eaux commencent par entrer dans l'enceinte des remparts par les portes et poternes non équipées de batardeaux de la même manière que dans le scénario de batardeaux absents sans brèche. Les écoulements ont eu le temps de se répandre dans le centre historique, la zone d'activités de Courtine et la zone urbaine au sud est des remparts quand la brèche de 1^{er} rang se forme sur la digue des Jardins Neufs, suivie de la 2^{ème} dans la digue de Bonaventure. Les écoulements se rejoignent dans la zone urbanisée à l'est des remparts d'Avignon. Les eaux s'étendent également sur le sud de la commune du Pontet.

Les débordements en rive gauche ont peu d'impact sur les hauteurs d'eau en amont : l'écart maximal observé sur les lignes d'eau dans le lit mineur du bras du Rhône est d'une dizaine de cm au remous au PK 240,00. L'hydrogramme de crue est écrêté d'environ 100 m³/s à l'aval du bras d'Avignon.

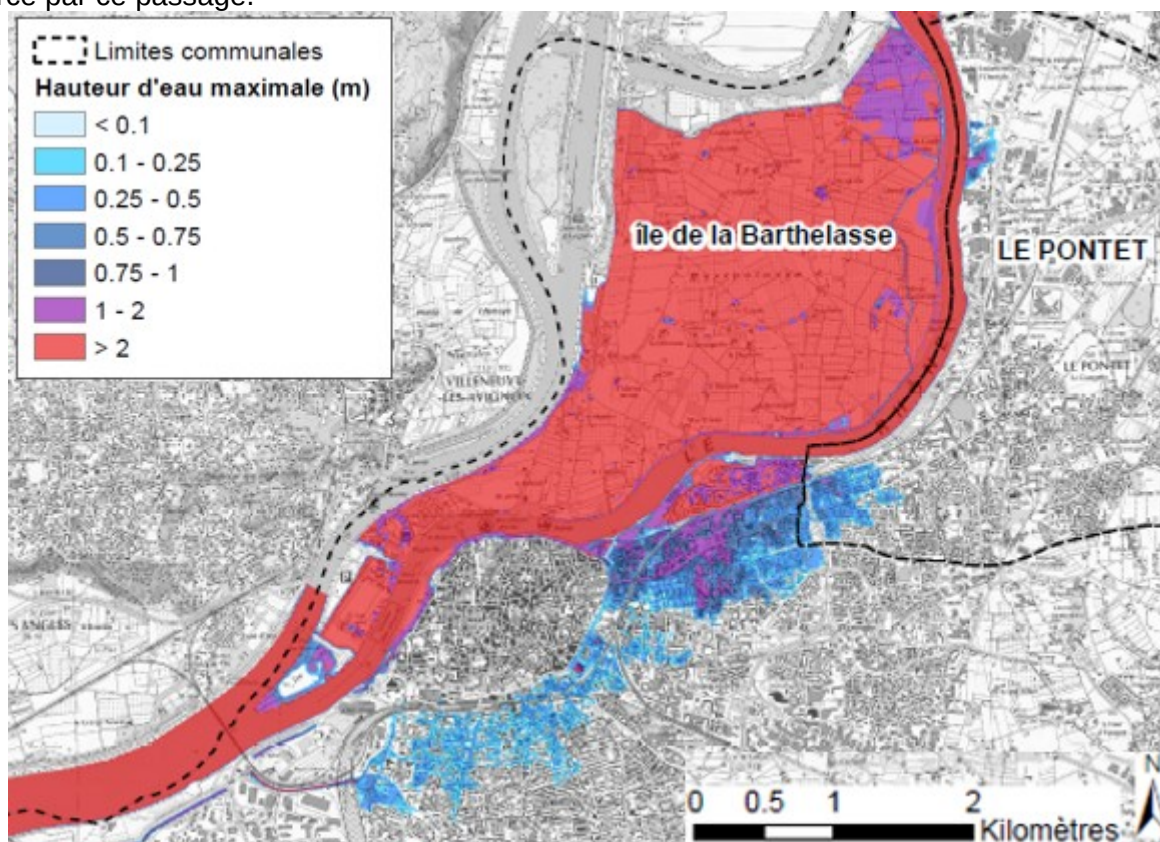


Carte des hauteurs d'eau maximales pour la crue de référence – Scénario « Brèches de 1^{er} et 2nd rangs, batardeaux absents » – Zoom sur Avignon et Le Pontet

5.2.c. Brèche de 1^{er} rang

Ce scénario est une variante du scénario de rupture des digues, défini suite à la réunion du 8 mars 2018 avec la ville d'Avignon afin d'analyser le fonctionnement des casiers aval en l'absence des ruptures de second rang. Ainsi, seule la défaillance de la digue des Jardins Neufs est prise en compte dans ce scénario.

Les surfaces inondées ainsi que les hauteurs d'eau sur la commune d'Avignon sont moins importantes que dans le cas des brèches concomitantes. En effet, le casier constitué par la digue de Bonaventure et le remblai SNCF en aval de la digue des Jardins Neufs ne se vide que par le passage routier à la limite communale avec Le Pontet. Les eaux s'accumulent ainsi dans le casier, l'écoulement sortant du débit et du volume entrant par la brèche étant limité par le contrôle aval exercé par ce passage.



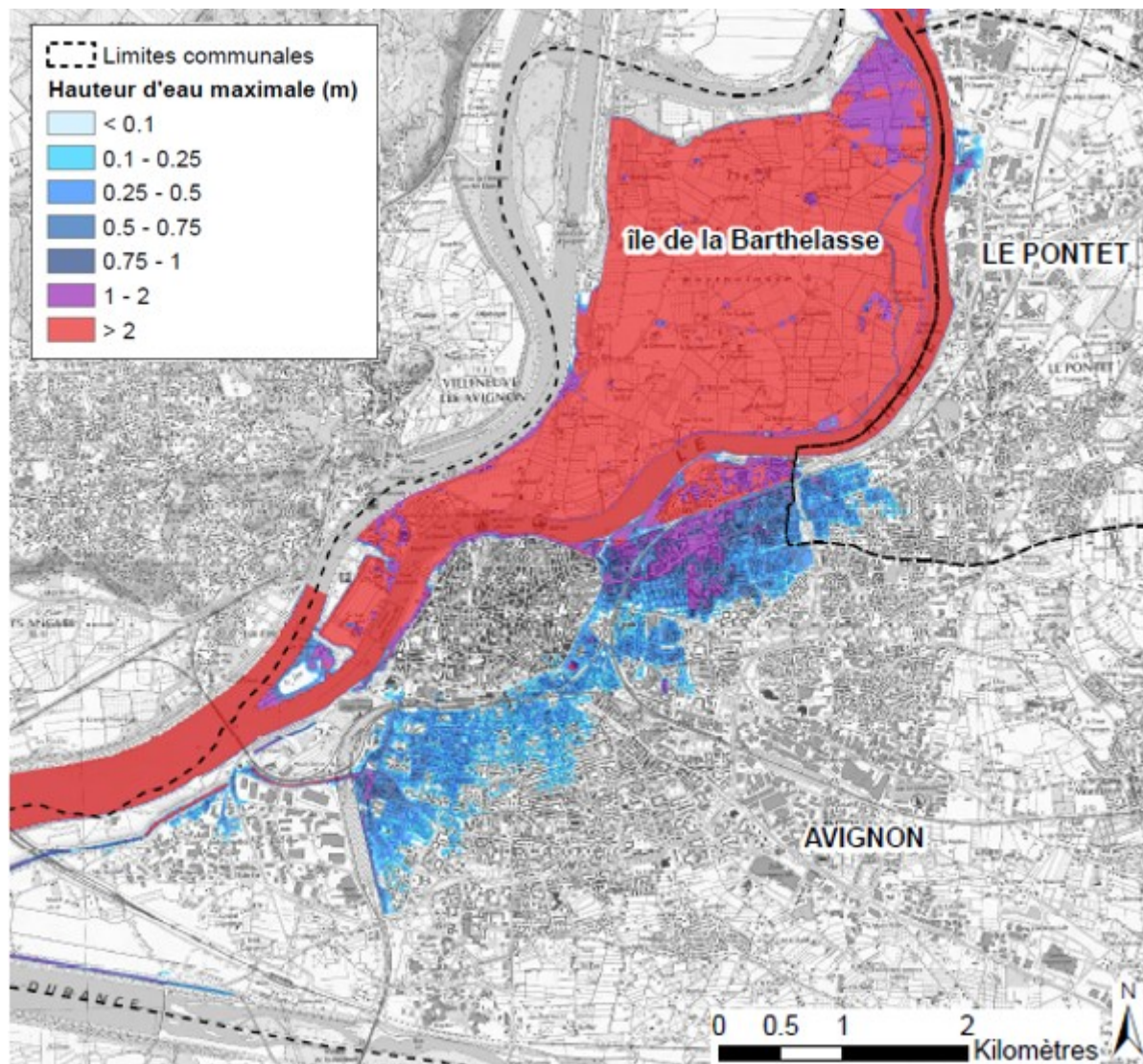
Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Brèche de 1^{er} rang » – Zoom sur Avignon et Le Pontet

5.2.d. Brèche de 1^{er} et 2nd rang, batardeau sous remblai SNCF

Ce scénario est également une variante. La défaillance des deux digues avec les mêmes caractéristiques est considérée, mais l'ouvrage routier sous le remblai SNCF est modélisé fermé. En effet, lors de la réunion du 8 mars, la ville d'Avignon a fait remarquer que le passage inférieur routier était équipé de glissières à batardeaux et souhaite étudier l'intérêt à mettre en place un batardeau.

Les surfaces inondées et les hauteurs d'eau sont également moins importantes que dans le cas du scénario 3.1 (sauf dans le casier délimité par le remblai SNCF en aval, où les niveaux d'eau présentent + 5 cm). Les eaux atteignent cependant la zone d'activités de Courtine. Ces

résultats ne permettent pas de conclure définitivement sur l'intérêt à mettre en place le batardeau, compte tenu de la complexité du fonctionnement hydraulique dans les différents casiers.



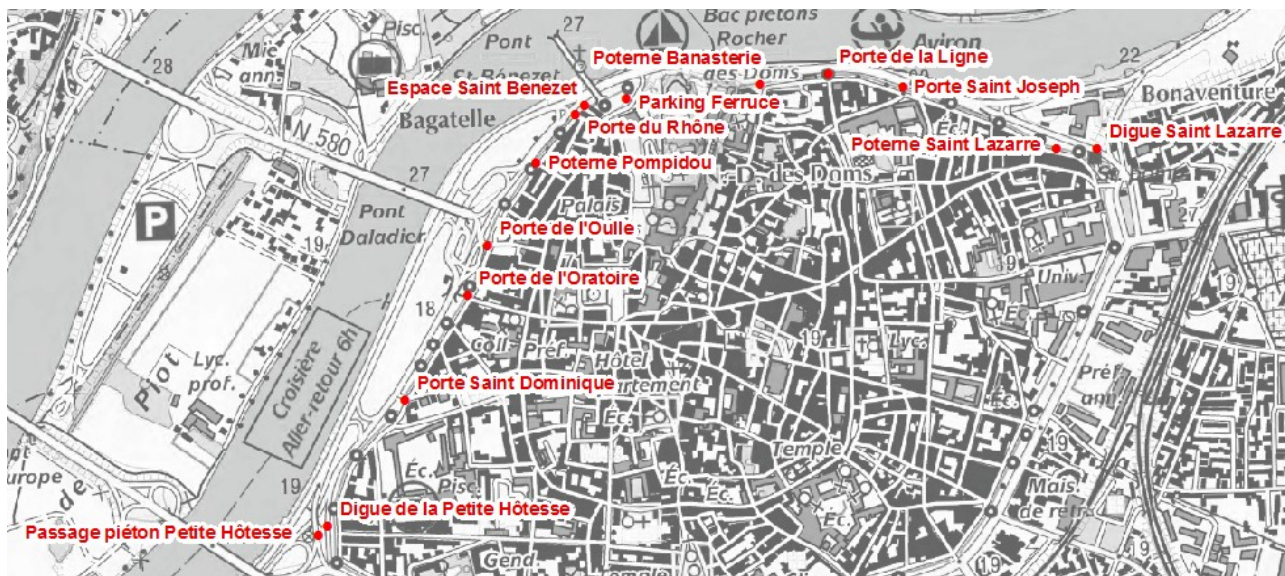
Carte des hauteurs maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Brèches de 1^{er} et 2nd rangs, batardeau sous le remblai SNCF » – Zoom sur Avignon et Le Pontet

6 – Rupture des remparts

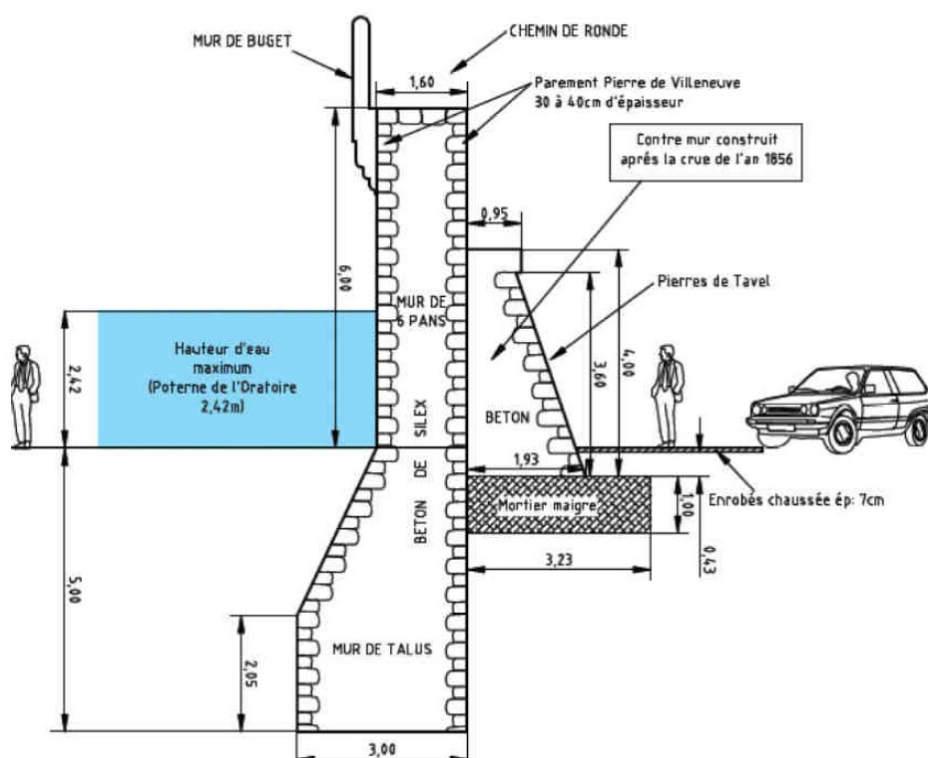
Les remparts nord servant de protection contre les crues du Rhône s'étendent sur 1 986 m. Ils comportent 9 portes et 5 poternes. Ils sont séparés en deux linéaires par un massif calcaire de près de 50 m de haut, le rocher des Doms (situé entre le parking Ferruce et la poterne Banasterie sur la figure ci-après).

L'analyse du risque de rupture des remparts nord d'Avignon est basée sur le diagnostic de l'étude de danger des protections de classe A des crues du Rhône à Avignon d'ISL datant de 2013.

L'EDD reporte, lors de la crue de mai 1856, la rupture des remparts sur environ 30 m aux abords de la porte Saint-Dominique. Suite à cette brèche, un contre-mur, contrefort massif a été construit en 1860 sur la quasi-totalité des remparts, côté intérieur afin de renforcer la stabilité de l'ouvrage de protection. Ce contre-mur n'est pas présent sur deux secteurs : aux abords de la porte du Rhône et à l'intérieur de l'espace Saint-Bénézet.



Remparts nord de la ville d'Avignon



Coupe type des remparts d'Avignon (source ISL)

Le tableau suivant récapitule l'analyse de l'EDD concernant le risque de rupture par instabilité des remparts nord sans contre-mur.

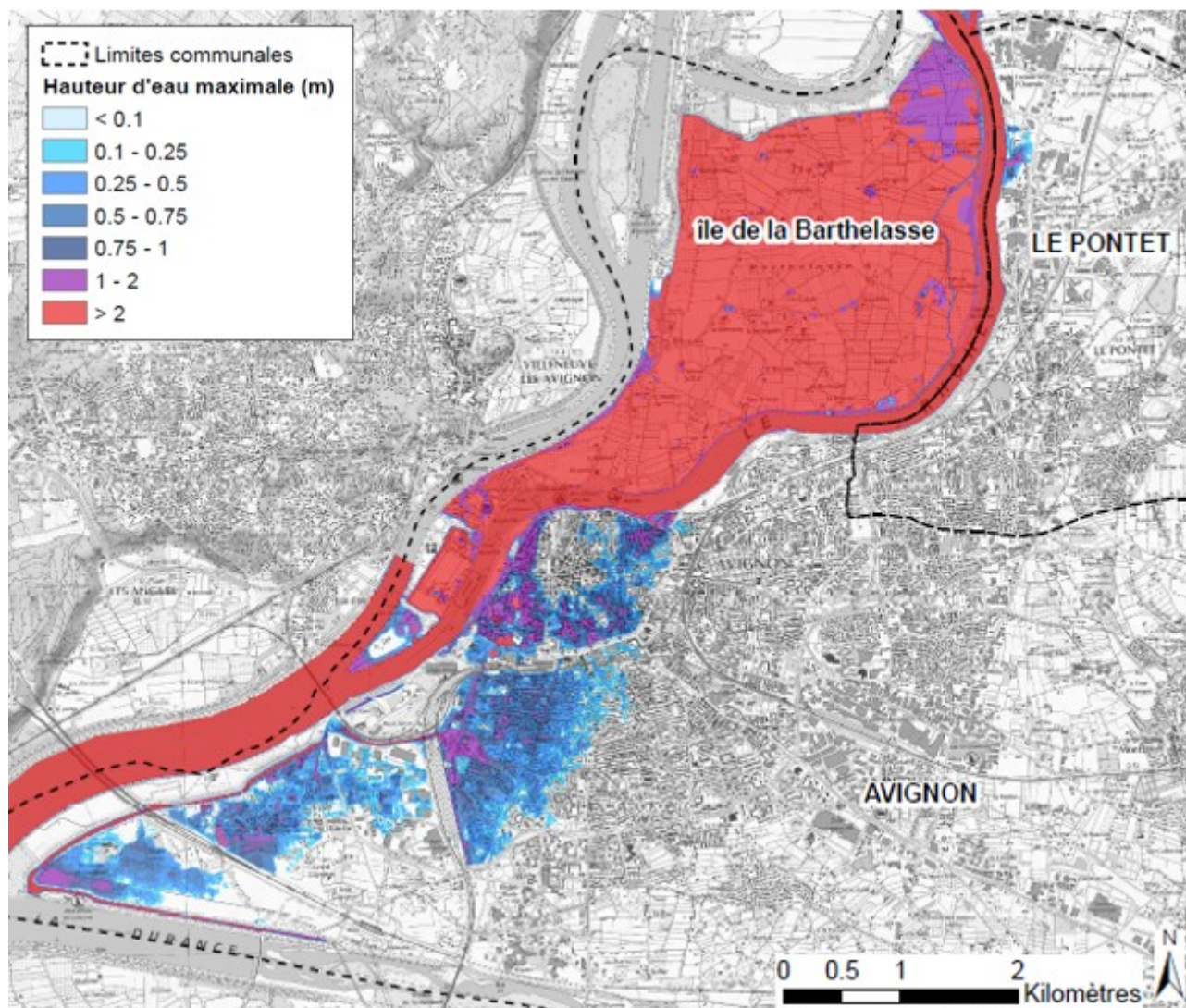
Type d'ouvrage	Mode de rupture par instabilité à considérer en crue	Appréciation des risques d'instabilité	Probabilité de rupture par instabilité à considérer en crue
Mur de 6 pans et mur de talus SANS contre-mur	Basculement du mur vers la zone protégée en crue (instabilité interne du matériau constituant le mur, instabilité externe : glissement, renversement, poinçonnement, rotation générale)	Des calculs réalisés par ISL montrent que les remparts sont stables vis-à-vis du glissement. Cependant, ils montrent que les risques de fissuration en pied amont et donc de rupture des remparts sont non négligeables pour une crue millénaire. L'événement de mai 1856 a prouvé par le passé que les remparts sans contre-mur pouvaient s'effondrer sous l'effet d'une crue. Des études complémentaires sont nécessaires pour pouvoir statuer avec précision (aucune information sur les caractéristiques des matériaux)	Basculement du mur vers la zone protégée en crue : - Q10 : remparts hors d'eau - Q100 : possible à probable - Q1000 : probable à certain

Le scénario de brèche dans les remparts est celui de l'EDD, à savoir une ouverture de 30 m aux abords de la porte de Rhône, se formant de manière instantanée au moment du pic de la crue de référence.

Suite à la brèche dans les remparts au niveau de la porte du Rhône, le débit de pointe entrant dans l'enceinte des remparts est d'environ 34 m³/s. Les eaux s'écoulent dans le centre ancien selon un axe nord-sud et ressortent au niveau des portes sud non équipées de batardeaux et inondent les zones urbanisées résidentielles et la pointe de Courtine. Les eaux se propagent également dans un second temps selon un axe ouest-est dans l'enceinte des remparts ainsi que dans la zone urbanisée périphérique aux remparts.

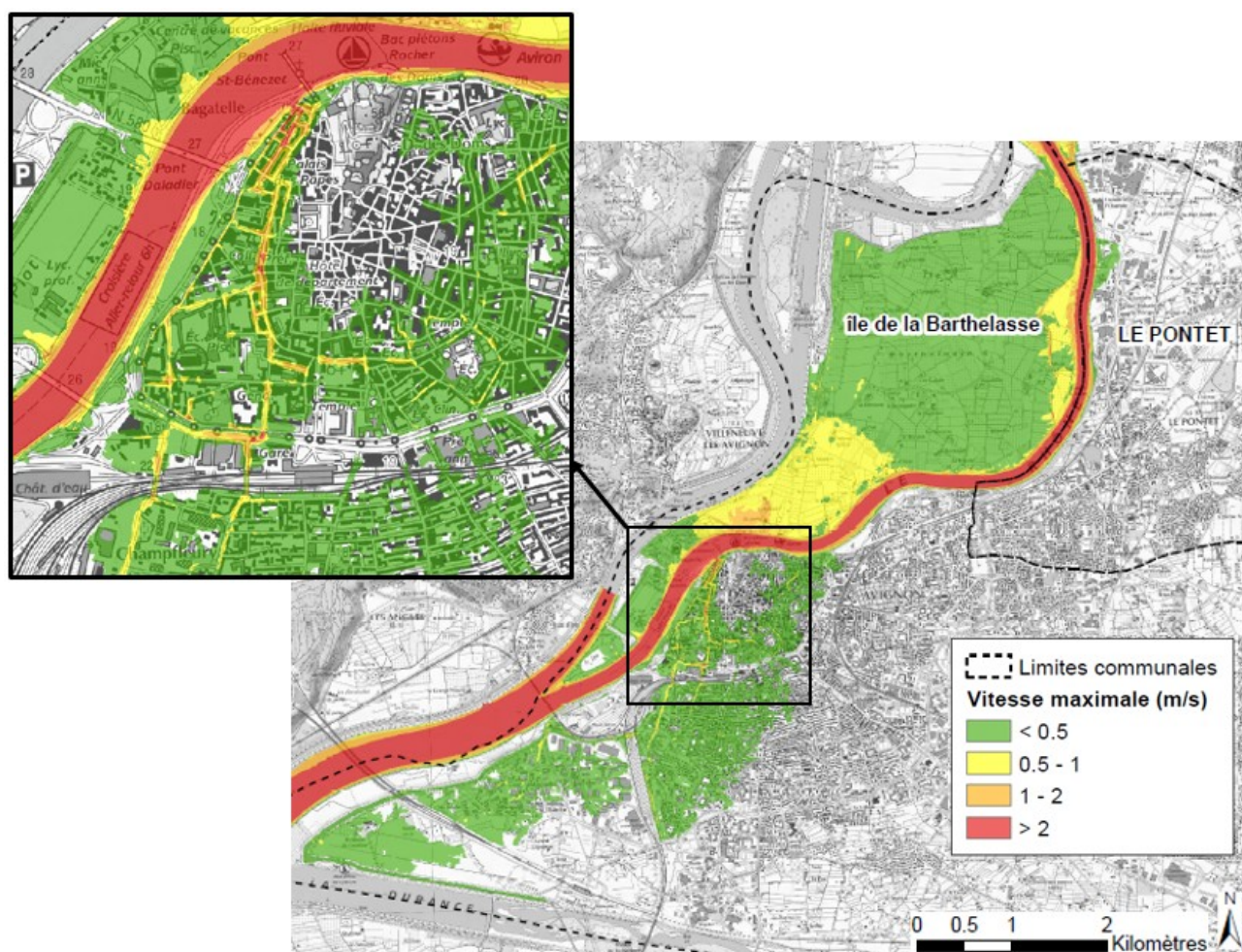
Ce scénario, proche de celui du batardeau du parking Ferruce absent, conduit toutefois à une inondation moindre de la pointe de la presqu'île de Courtine. En effet, bien que le débit de pointe entrant dans les remparts suite à leur rupture soit plus élevé que celui entrant par l'ouverture laissée en l'absence du batardeau parking Ferruce (34m³/s pour 18 m³/s), du fait des cinétiques respectives des deux scénarios, le volume entrant est bien plus important dans le cas du batardeau absent.

Les débordements en rive gauche liés à la brèche dans les remparts n'ont pas d'impact sur la ligne d'eau en lit mineur dans le bras d'Avignon, ni sur les hauteurs d'eau en champ majeur en amont de la brèche. L'hydrogramme de crue dans le bras d'Avignon n'est pas écrêté.



Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Brèche dans les remparts » – Zoom sur Avignon

Les vitesses en champ majeur restent faibles (inférieures à 0,5 m/s) avec des vitesses plus importantes dans les principaux axes dans l'enceinte des remparts ainsi qu'au droit de la brèche avec une vitesse atteignant 3 m/s.



Carte des vitesses maximales calculées – Scénario « Brèche dans les remparts » – Zoom sur Avignon et sur l'intra-muros

7 – Rupture du batardeau Saint-Joseph

En complément du scénario considérant tous les batardeaux absents et du scénario de rupture des remparts, il semble intéressant de considérer un scénario de rupture de batardeaux, ceux-ci présentant des mises en charge relativement importantes.

Le tableau ci-après présente les hauteurs d'eau maximales en amont des batardeaux sur les remparts ainsi que les revanches pour la crue de référence en situation de résistance des ouvrages.

On considère que les facteurs suivant augmentent la probabilité de rupture du batardeau :

- Mise en charge > 1.5 m ;
- Revanche < 0.3 m ;
- Batardeau traditionnel.

Ces paramètres sont figurés en rouge dans le tableau.

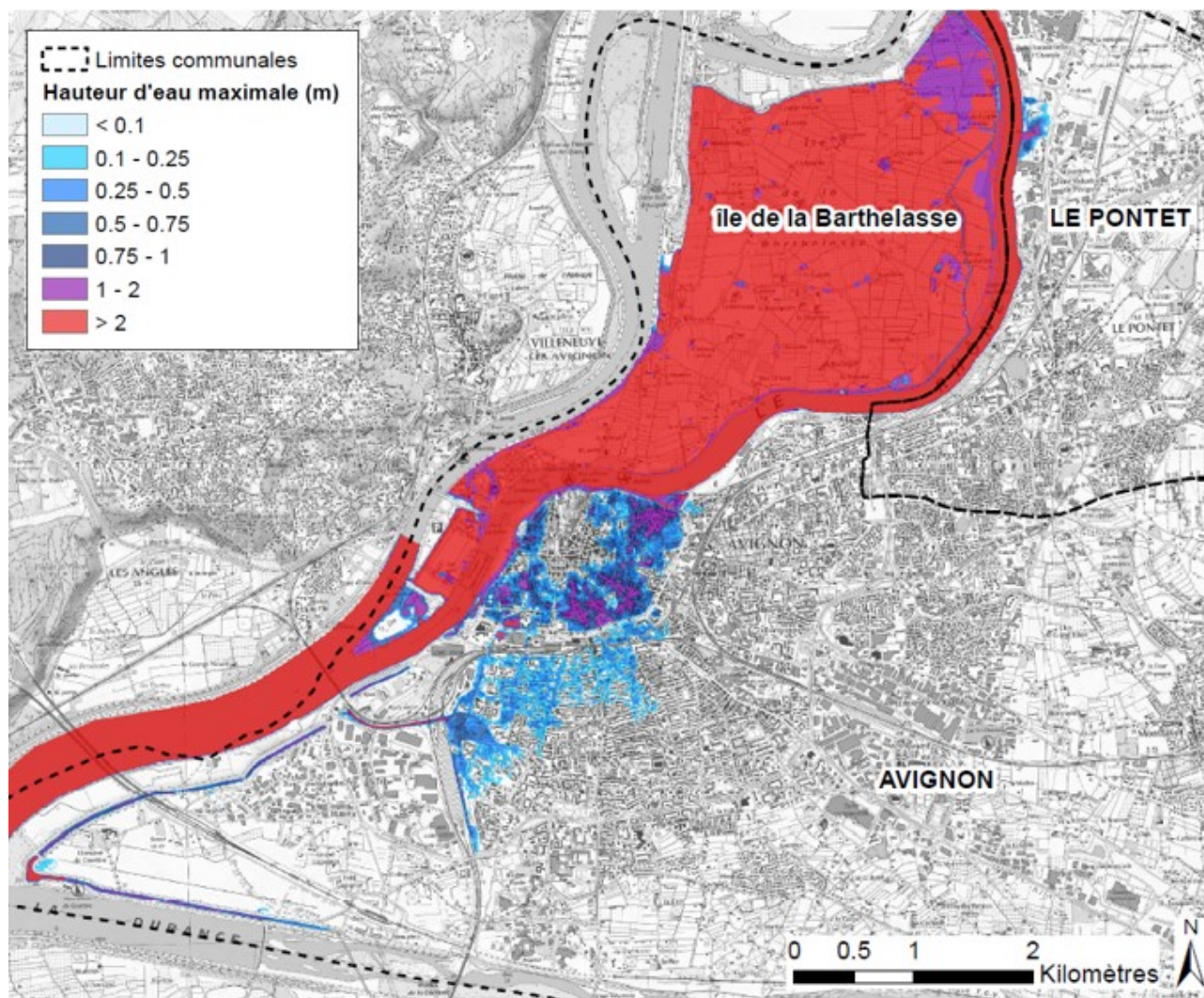
Nom	Hauteur d'eau (m)	Revanche (m)	Type de batardeau
Digue de la petite hôtesse	0,5	0,43	Batardeau traditionnel
Porte Saint-Dominique	0,99	0,59	Batardeau traditionnel
Porte de l'Oratoire	1,79	0,6	Batardeau en aluminium en plus du batardeau traditionnel
Barrage de l'Oulle	0,14	0,56	Barrage en blocs de béton
Poterne Pompidou	1,61	0,43	Batardeau en aluminium en plus du batardeau traditionnel
Porte du Rhône	1,16	0,59	Batardeau traditionnel
Espace Saint-Bénézet	1,33	0,81	Batardeau en aluminium en plus du batardeau traditionnel
Parking Ferruce	1,29	0,46	Batardeau traditionnel
Poterne Banasterie	1,78	0,2	Batardeau en aluminium en plus du batardeau traditionnel
Porte de la Ligne	1,12	0,52	Batardeau en aluminium en plus du batardeau traditionnel
Porte Saint-Joseph	1,87	0,14	Batardeau traditionnel
Poterne Saint-Lazare	2,03	0,22	Batardeau en aluminium en plus du batardeau traditionnel
Digue Saint-Lazare	0	0,5	Batardeau traditionnel

Ainsi, les batardeaux les plus sensibles vis-à-vis du risque de rupture sont : la porte Saint-Joseph, la poterne Saint-Lazare et la poterne Banasterie. **Il est donc proposé de réaliser un scénario de rupture sur la porte Saint-Joseph, dont l'ouverture est la plus large avec : une ouverture instantanée au niveau de la porte, au moment du maximum de la crue de référence.**

Suite à la rupture du batardeau de la porte Saint-Joseph, le débit de pointe entrant dans l'enceinte des remparts est d'environ 12 m³/s. Les eaux s'écoulent dans le centre historique selon un axe nord-sud, ressortent de l'enceinte des remparts au niveau des portes sud non équipées de batardeaux et inondent les zones urbanisées résidentielles au sud des remparts. Les eaux se propagent également dans un second temps selon un axe est-ouest dans l'enceinte des remparts ainsi que dans la zone urbanisée périphérique aux remparts. Les eaux atteignent alors le secteur de Courtine mais restent contenues dans le canal de Champfleury.

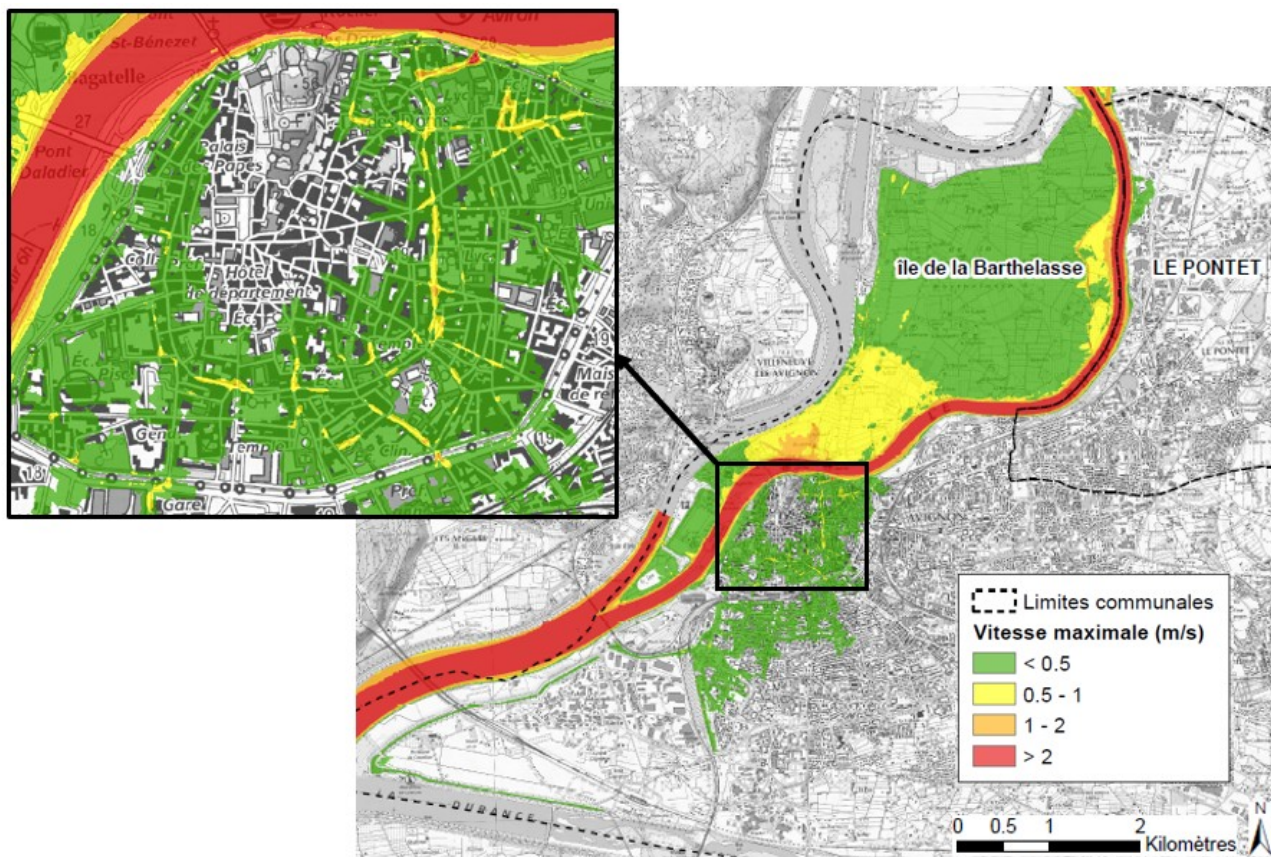
La zone inondée maximale est réduite comparée au scénario précédent de brèche dans les remparts. En effet, l'ouverture due à la rupture du batardeau est de 4,3 m (pour 30 m avec la brèche). Ainsi le débit et le volume entrants dans l'enceinte des remparts sont moindres.

Les débordements en rive gauche liés à la brèche dans les remparts n'ont pas d'impact sur la ligne d'eau en lit mineur dans le bras d'Avignon, ni sur les hauteurs d'eau en champ majeur en amont de la brèche. L'hydrogramme de crue dans le bras d'Avignon n'est pas écrêté.



Carte des hauteurs d'eau maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Rupture du batardeau Saint-Joseph » – Zoom sur Avignon

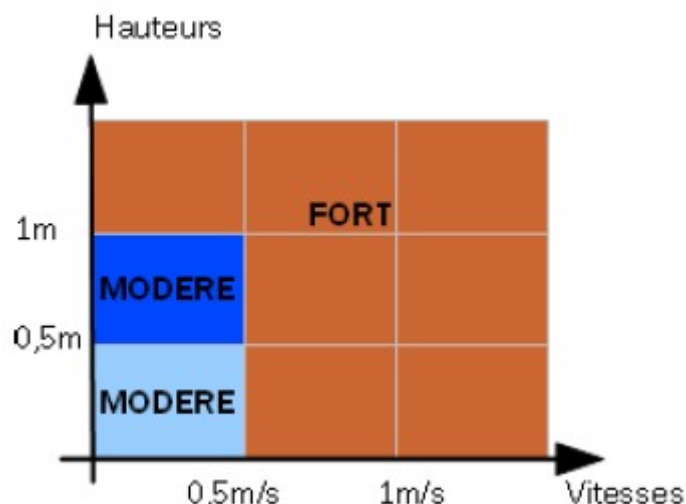
Les vitesses en champ majeur restent faibles (inférieures à 0,5 m/s) avec des vitesses plus importantes dans les principaux axes dans l'enceinte des remparts ainsi qu'au droit de la brèche avec une vitesse atteignant 4 m/s.



Carte des vitesses maximales calculées pour la crue de référence – Scénario « Rupture du batardeau Saint-Joseph » – Zoom sur Avignon et l'intra-muros

8 – Aléa de référence

A partir des résultats des simulations présentées ci-avant, l'aléa est déterminé en croisant les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement maximales selon la grille de qualification de la doctrine Rhône (crue lente) ci-dessous :



Qualification de l'aléa selon la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement

La zone inondable est ainsi divisée en zonages correspondant à :

- Un aléa fort pour des hauteurs d'eau supérieures à 1 m OU des vitesses d'écoulement en crue supérieures à 0,5 m/s ;
- Un aléa modéré pour des hauteurs d'eau inférieures à 1 m/s ET des vitesses d'écoulement en crue inférieures à 0,5 m/s.

A noter qu'il n'y a pas d'aléa faible, une sous-classe a été ajoutée dans l'aléa modéré à titre informatif pour les hauteurs d'eau inférieures à 0,5 m.

Pour chaque commune, on retiendra un aléa de référence correspondant à un ou plusieurs scénario(s) de la crue de référence (type 1856, de période de retour de 200 ans environ) parmi les scénarios réalistes avec des hypothèses sécuritaires. Ainsi, le scénario d'effacement des ouvrages, les scénarios avec batardeaux absents et le scénario avec fermeture du passage routier sous le remblai SNCF, sont écartés des scénarios de référence car peu probables.

Par ailleurs, le bras du Rhône de Villeneuve n'étant pas inclus dans l'emprise modélisée, l'aléa sur le long de la limite ouest de la commune d'Avignon a été complété avec les résultats du TRI pour la crue de référence.

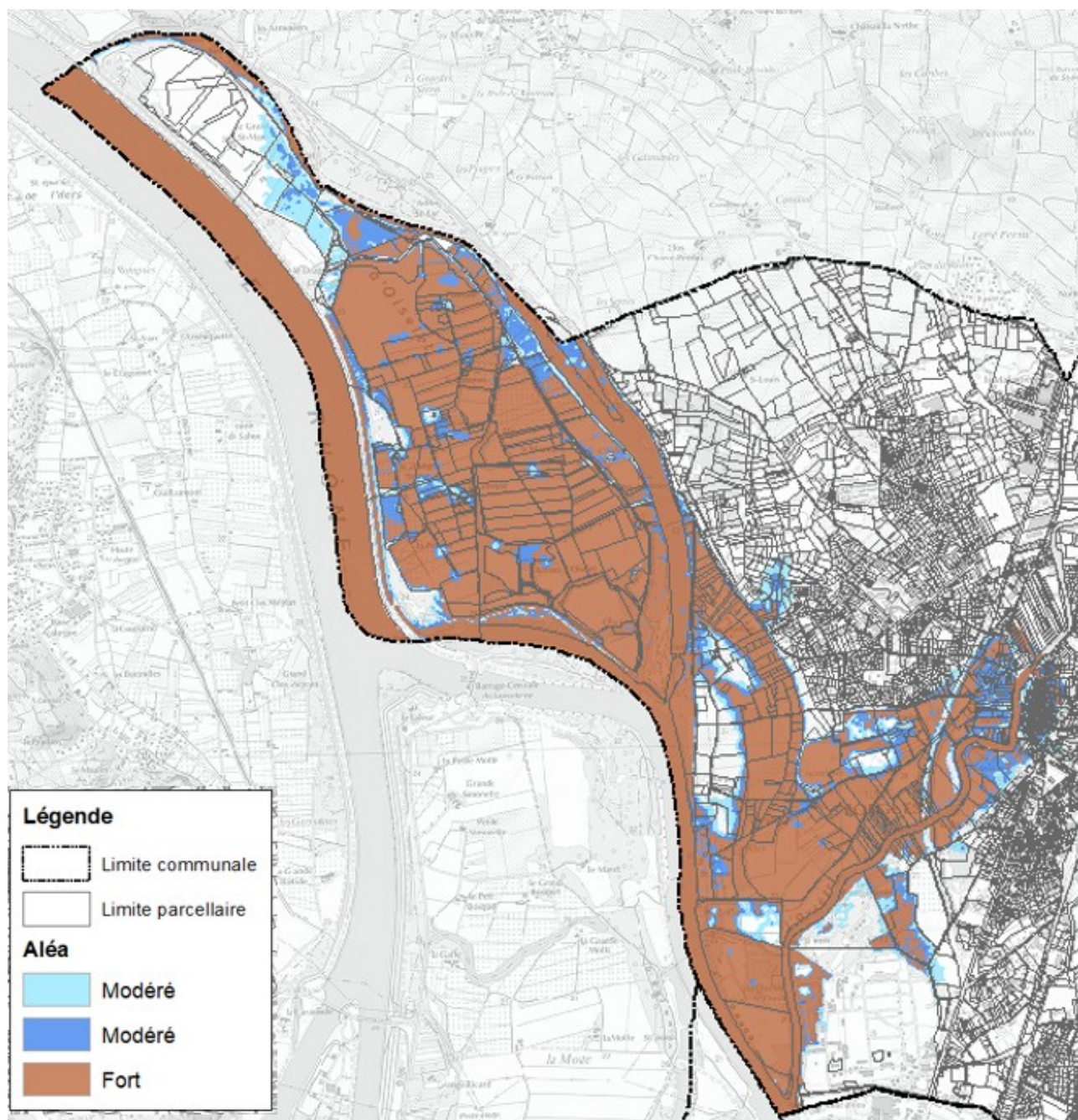
Les paragraphes suivants présentent, par commune, l'aléa de référence retenu.

8.1. Sorgues

Les différents scénarios de la crue de référence conduisent au même aléa sur la commune de Sorgues. En effet, les défaillances étudiées dans les différents scénarios de la crue de référence étant localisées sur la commune d'Avignon, Sorgues est suffisamment en amont pour ne pas être concernée par ces variantes.

L'aléa pour la crue de référence du PPRi sur Sorgues est présenté sur la carte ci-après.

Les zones en aléa fort sont principalement des zones peu ou pas urbanisées : l'île de l'Oiselet, la queue de la Traille, les Confines, les Cadenières, les Combes. La zone résidentielle des Chaffunes est protégée par la digue des Confines pour le scénario de référence. On note de l'aléa modéré à fort en zone urbanisée en bordure de l'Ouvèze, cependant le PPRi Ouvèze prévaudra sur ce secteur.



Aléa de référence de Sorgues

8.2. Le Pontet

Bien que les défaillances étudiées dans les différents scénarios de la crue de référence soient localisées sur la commune d'Avignon, Le Pontet étant une ville limitrophe, elle est différemment impactée selon le scénario considéré.



Comparaison des aléas sur la commune du Pontet selon le scénario considéré

Sans défaillance des ouvrages de protection, en particulier de la digue de la route touristique, seul le secteur de la déchetterie est inondé par surverse au niveau d'un point bas de la berge.

En revanche le sud-ouest de la commune du Pontet est inondé en cas de rupture de la digue de la route touristique sur le tronçon des Jardins Neufs situés sur la commune d'Avignon. En effet, suite à la formation de la brèche les eaux s'écoulent par les passages routiers inférieurs sous la voie SNCF et la rocade jusqu'au Pontet, ainsi que par la brèche de 2nd rang le cas échéant sur Avignon.

On observe que la largeur des brèches (80 ou 40 m) a peu d'influence sur l'aléa. Par ailleurs, vu le manque d'entretien des digues, en particulier de la digue de Bonaventure, il est réaliste de considérer l'enchaînement d'une brèche de 1^{er} rang et d'une brèche de 2nd rang. **Le scénario de deux brèches de 80 m de large est donc retenu comme scénario de référence sur la commune du Pontet.**



Aléa de référence du Pontet – Zooms sur les secteurs inondés

Les secteurs concernés par l'aléa fort sont donc la zone de la déchetterie et localement des zones sur les quartiers des Agassins, du Pigeonnier et du Camp Rambaud.

8.3. Avignon

11 scénarios ont été étudiés pour la crue de référence conduisant à des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement différentes et donc des aléas différents sur la commune d'Avignon.

L'aléa de référence doit aboutir à une couverture du territoire permettant d'atteindre un niveau de prévention du risque inondation suffisant pour assurer la protection de la population.

Par ailleurs, étant donné le nombre et la variété des ouvrages de protection contre les inondations sur la commune d'Avignon, le PPRi doit prendre en compte des scénarios de défaillance structurelle et humaine restant réalistes. Ainsi, les scénarios ci-dessous ont été écartés :

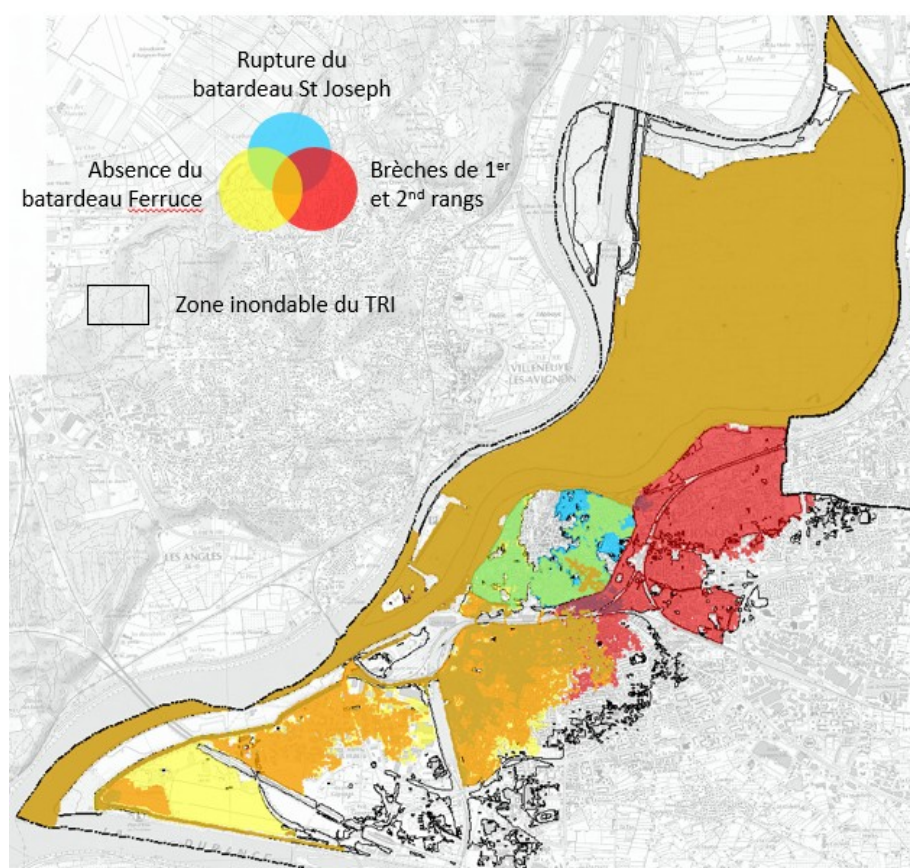
- Résistance des ouvrages et batardeaux en place (scénario non débordant, ne prenant pas en compte de risque de défaillance) ;
- Effacement des ouvrages de protection (scénario très pénalisant, non réaliste) ;
- Batardeaux absents (scénario pénalisant, peu réaliste) ;
- Brèches et batardeaux absents (scénario pénalisant, peu réaliste) ;
- Rupture des remparts (peu réaliste étant donné la faible mise en charge de l'ouvrage).

Les scénarios retenus sont donc :

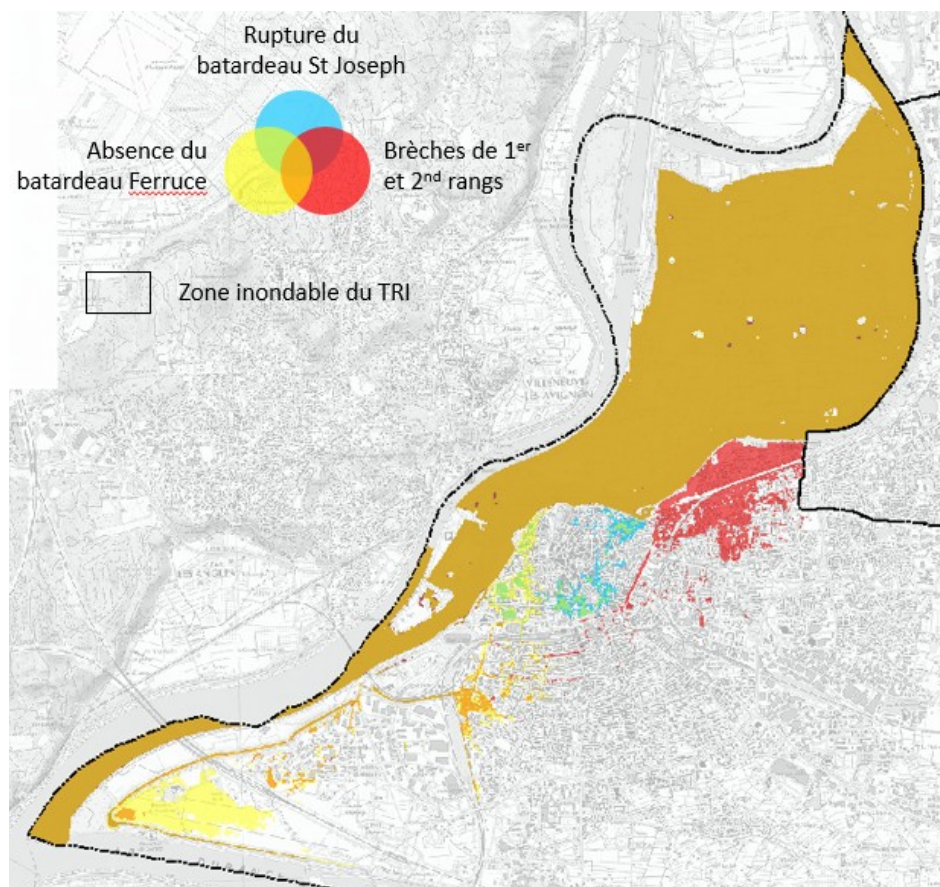
- Brèches de 1^{er} et 2nd rang dans les digues ;
- Absence du batardeau Ferruce ;
- Rupture du batardeau de la porte Saint-Joseph.

L'aléa de référence retenu pour la ville d'Avignon correspond à la combinaison (soit le maximum) de ces 3 scénarios afin de couvrir le secteur des Jardins Neufs ainsi que le centre historique d'Avignon.

Les figures ci-après présentent la superposition des zones inondables ainsi que la répartition des aléas forts des 3 scénarios retenus.

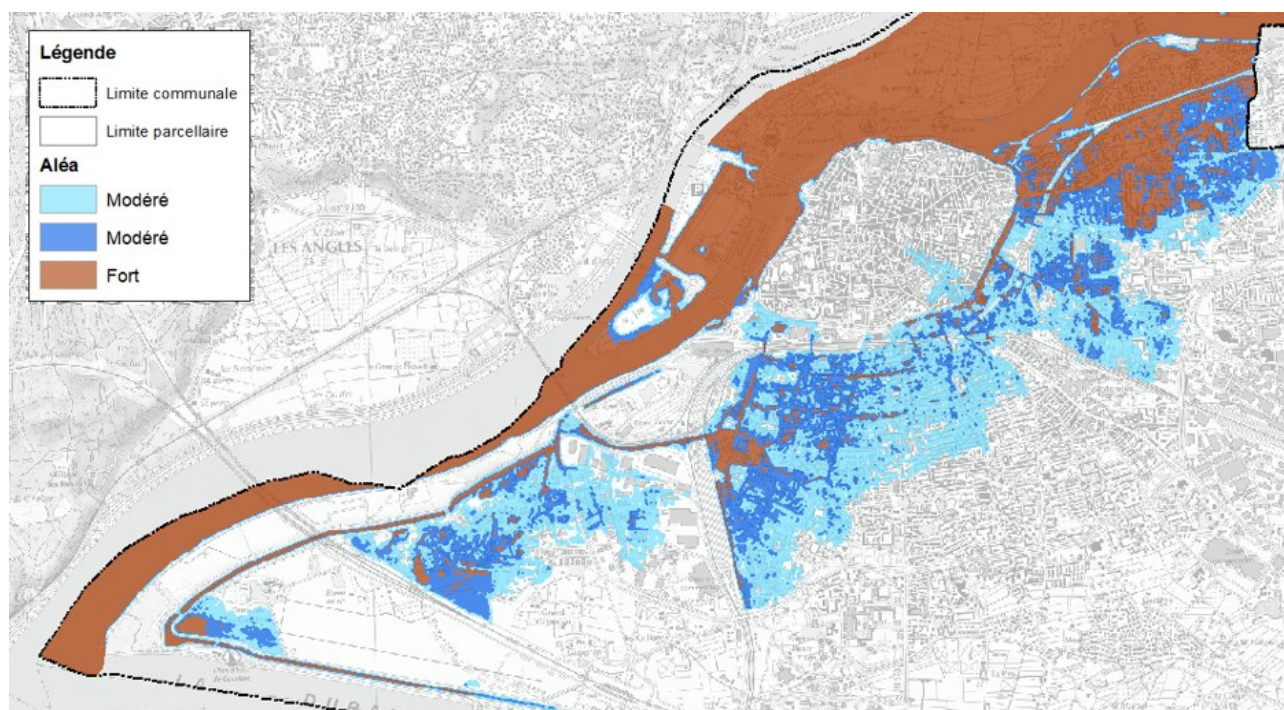


Superposition des zones inondables des 3 scénarios retenus

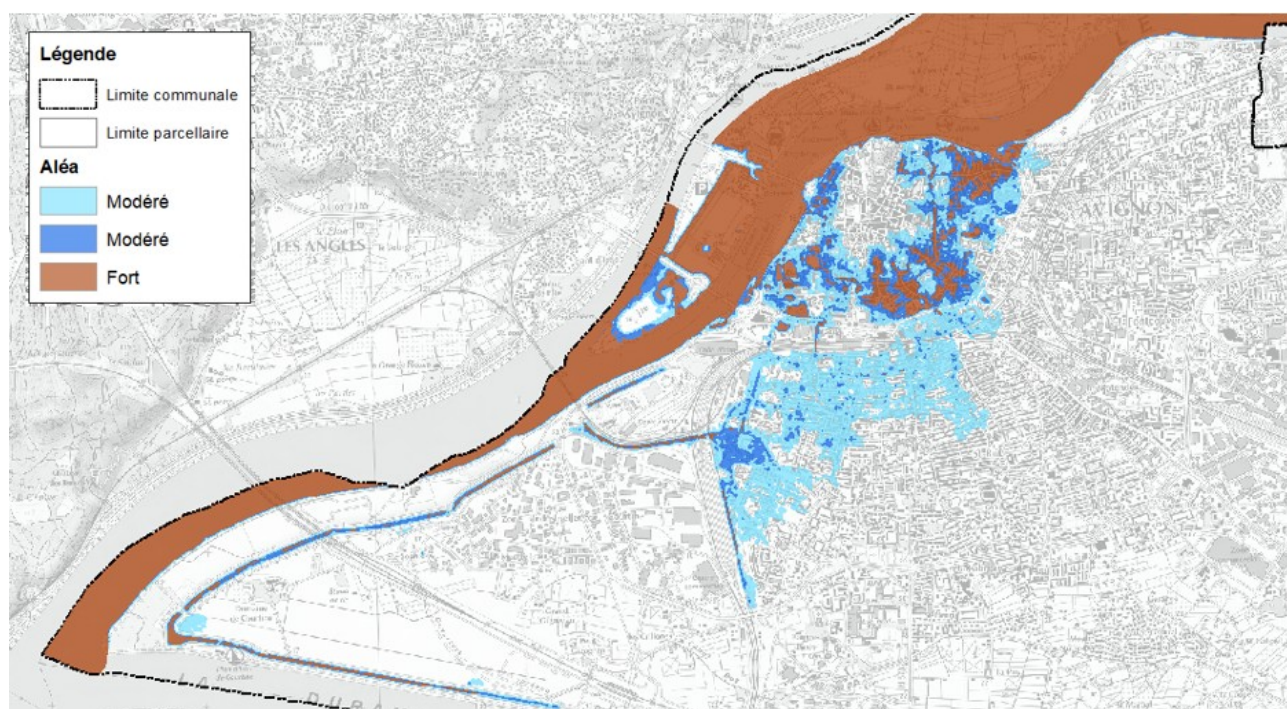


Superposition des aléas forts liés à chacun des 3 scénarios retenus

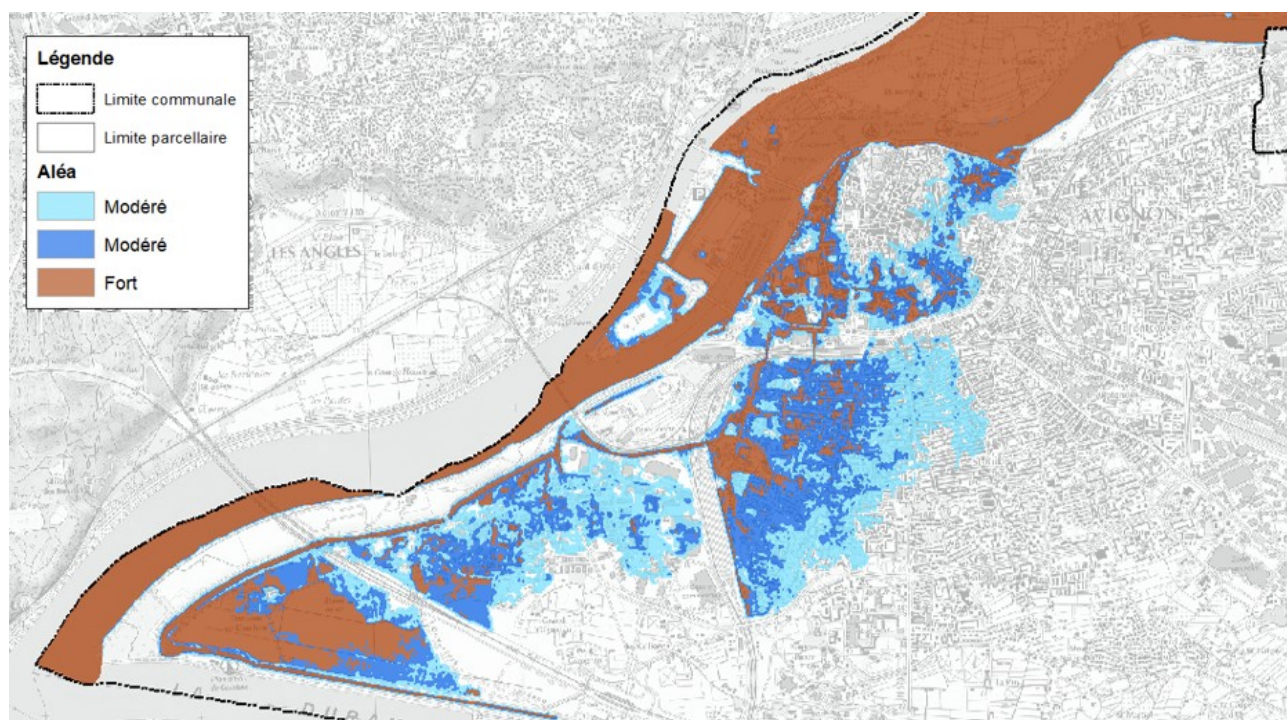
Les figures suivantes présentent l'aléa associé à chacun des 3 scénarios retenus ainsi que l'aléa de référence correspondant à leur combinaison sur le centre urbanisé d'Avignon.



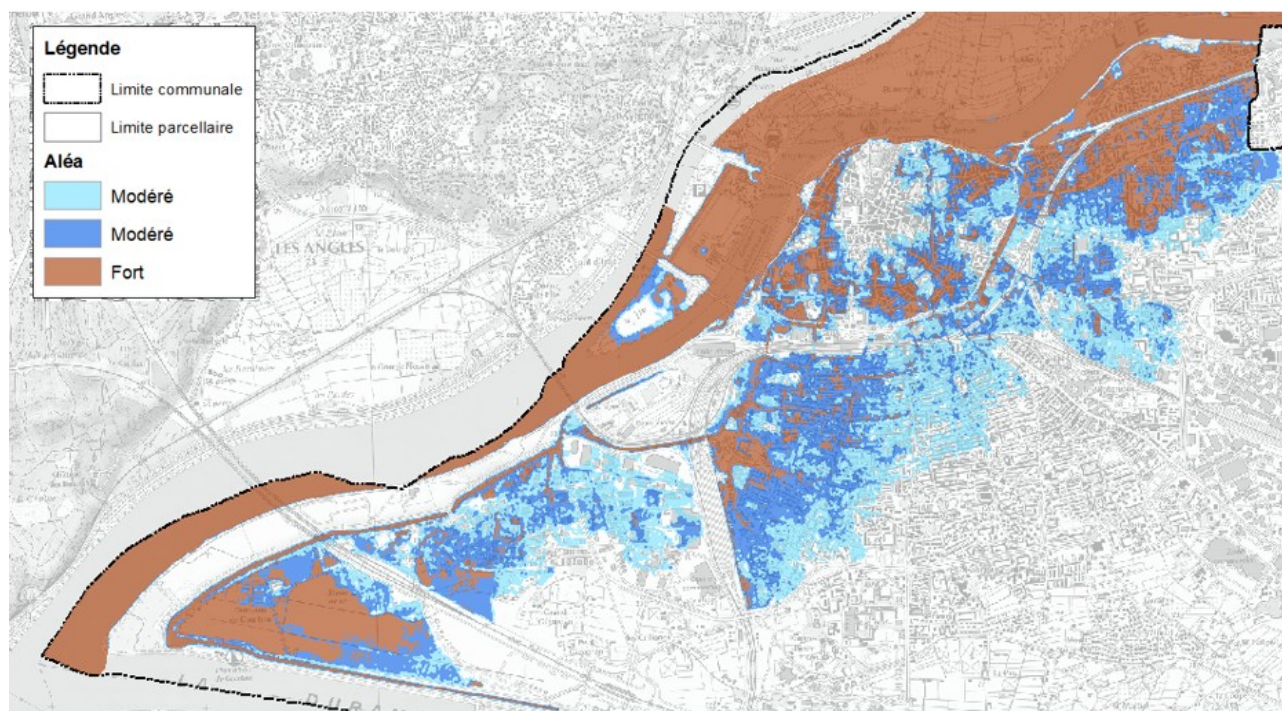
Aléa du scénario de brèches dans les digues de protection



Aléa du scénario de la rupture du batardeau Saint-Joseph



Aléa du scénario d'absence du batardeau du parking Ferruce



Aléa de référence – Combinaison des 3 scénarios

L'aléa de référence couvre une grande partie de la zone urbanisée d'Avignon et comprend de l'aléa fort sur l'île de la Barthelasse et l'île Piot, sur les secteurs des Jardins Neufs, Bonaventure et Saint-Véran (en aval du remblai PLM), sur plusieurs zones du centre historique, sur Champfleury en amont du remblai SNCF et sur la pointe de Courtine.

VI – Autres crues modélisées

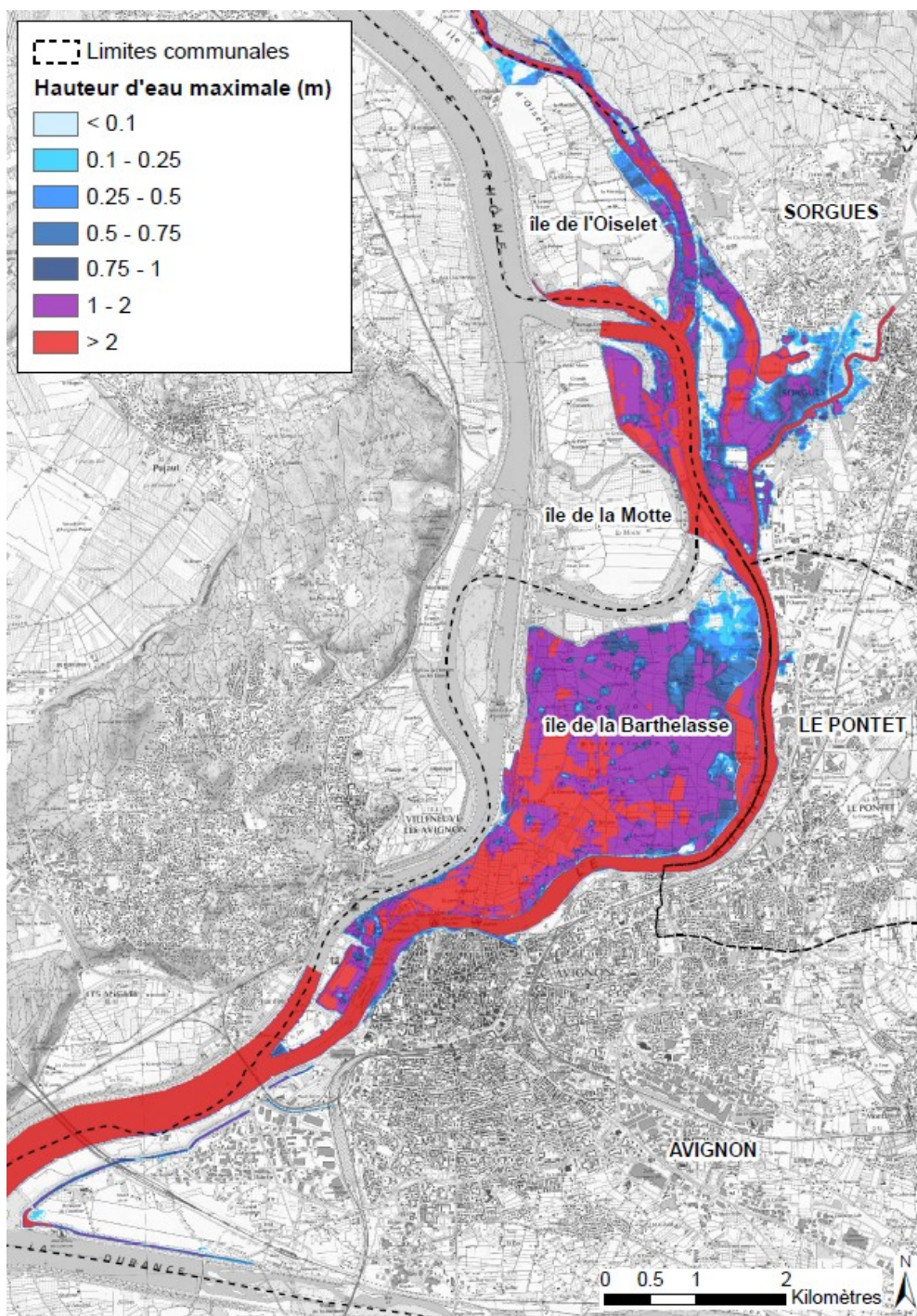
Comme mentionné plus haut, bien que ces crues ne fassent pas l'objet du zonage réglementaire du PPRI, les crues trentennale et millénale ont également été modélisées.

1. Crue trentennale

Pour la crue de période de retour 30 ans, avec résistance des ouvrages et batardeaux en place, les secteurs inondés sont les suivants :

- Sorgues : l'Ouvèze déborde principalement en rive droite mais également en rive gauche, cependant les zones urbanisées sont peu affectées par les débordements localisés sur la plaine agricole à la confluence avec le Rhône. Les hauteurs d'eau sont supérieures à 2 m par endroit, notamment au niveau de la station d'épuration en rive gauche de l'Ouvèze. On note que l'île de l'Oiselet n'est pas inondée pour cette période de retour.
- Le Pontet : les seuls débordements observés sont au niveau du point bas en rive gauche du bras d'Avignon du Rhône inondant ainsi la déchetterie.
- Avignon : l'île de la Barthelasse est inondée avec des hauteurs d'eau supérieures à 2 m par endroit, ainsi que les allées de l'Oulle avec des hauteurs d'eau comprises entre 1 et 2 m. Les zones urbanisées d'Avignon ne sont pas affectées.

Les vitesses en champ majeur sont inférieures à 0,5 m/s sauf au niveau des points de débordements sur la digue de la Barthelasse où elles dépassent très localement 1 m/s.



Carte des hauteurs maximales pour la crue trentennale – Scénario « Résistance de tous les ouvrages »

Le scénario « Absence du batardeau Ferruce » a également été modélisé avec la crue trentennale. L'absence du batardeau du parking Ferruce permet une entrée d'eau dans le centre historique d'Avignon qui reste limitée (débit de pointe d'environ 0,2 m³/s, volume total d'environ 4 700 m³). Les eaux se propagent alors dans la rue Limas et la rue des remparts du Rhône sur environ 500 m. Les hauteurs d'eau maximales restent inférieures à 0,5 m et les vitesses maximales d'écoulement à 0,25 m/s. Les secteurs inondés (hors centre historique d'Avignon) et les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement associées sont semblables à ceux du scénario avec les ouvrages de protection résistants et les batardeaux en place.

2. Crue millénale

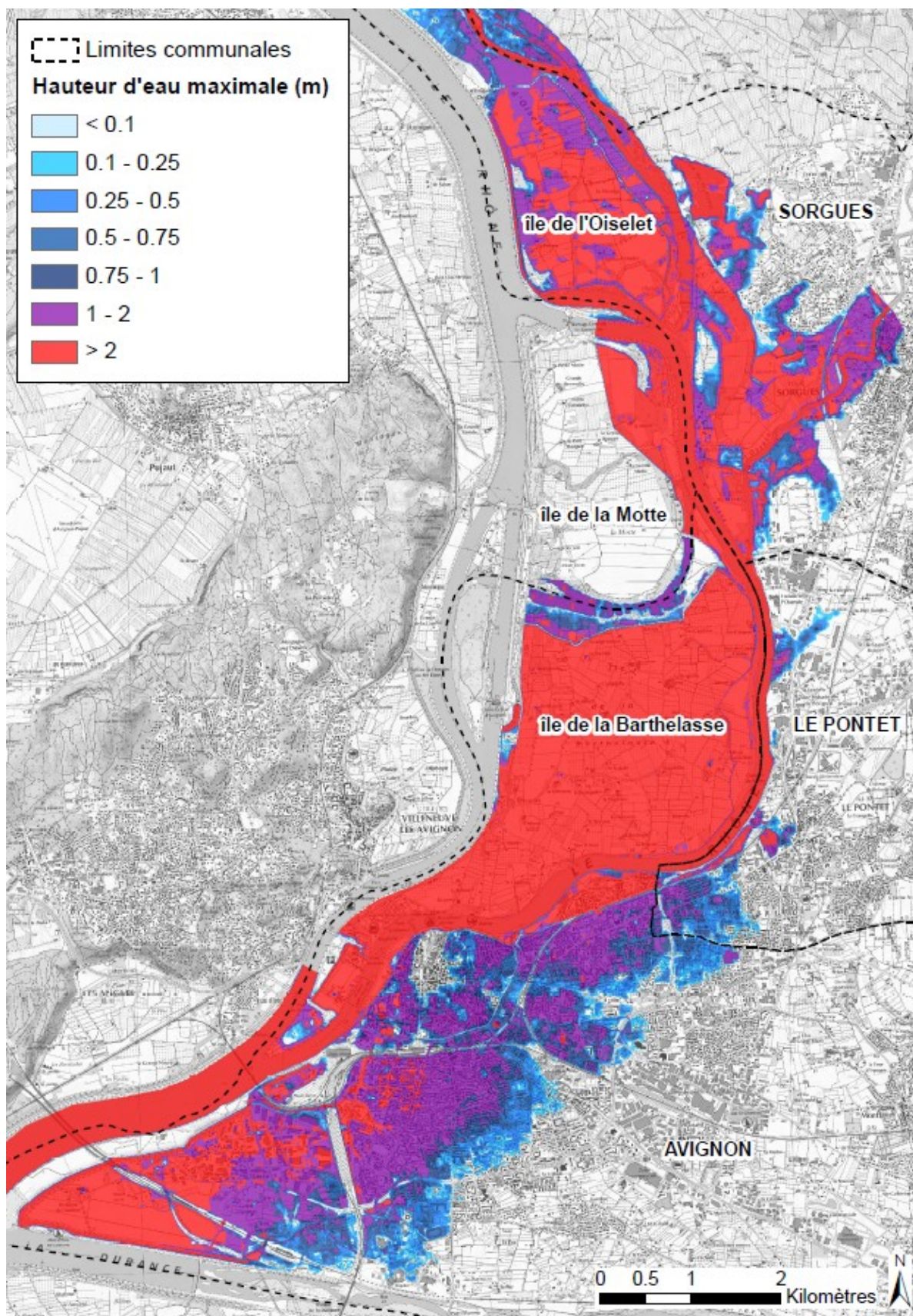
Pour la crue de période de retour 1000 ans, avec résistance de tous les ouvrages de protection et batardeaux en place, la zone inondée est très étendue du fait des débordements :

- de l'Ouvèze et du Rhône sur la commune de Sorgues ;
- du Rhône (bras d'Avignon) en rive droite sur l'île de la Barthelasse et en rive gauche sur les communes du Pontet et d'Avignon :
 - au niveau du point bas de la digue touristique, tronçon digue du Pontet, au droit de la déchetterie du Pontet ;
 - sur la digue touristique, tronçon digue des Jardins Neufs, remplissant ainsi le casier en aval formé par le remblai SNCF avec des hauteurs d'eau supérieures à 2 m et inondant les secteurs urbanisés au sud et à l'est via les passages routiers inférieurs ;
 - sur les remparts. En effet, la crue millénale surverse sur plusieurs batardeaux (digue de la petite hôtesse, porte Saint-Dominique, barrage de l'Oulle, porte du Rhône, barrage du parking Ferruce, porte de la Ligne, porte Saint Joseph et digue Saint-Lazare) et inonde ainsi le centre historique d'Avignon.

Les eaux atteignent la pointe de Courtine qui est alors entièrement inondée avec des hauteurs d'eau importantes (supérieures à 1 m) sur la quasi-totalité du secteur.

Les vitesses en champ majeur restent globalement faibles (inférieures à 0,5 m/s) avec toutefois des vitesses plus importantes sur l'île de la Barthelasse et sur les axes principaux des secteurs urbanisés d'Avignon.

Le scénario « Brèches de 1^{er} et 2nd rang » a également été modélisé avec la crue millénale. Il conduit à une enveloppe de zone inondée proche de celle du scénario avec ouvrages résistants et batardeaux en place. En revanche, les hauteurs sont plus importantes, notamment sur la plaine de Courtine et la zone résidentielle au sud des remparts d'Avignon. Les vitesses en champ majeur sont également similaires au scénario de résistance des ouvrages, avec des vitesses plus importantes en aval des brèches.



Carte des hauteurs d'eau maximales pour la crue millénale – Scénario « Résistance de tous les ouvrages »

GLOSSAIRE

Batardeau : dispositif amovible permettant d'empêcher les entrées d'eau dans un secteur (quartier, habitation) lors d'une inondation.

Brèches de premier et de second rang : brèches successives dans des digues de premier et de second rang.

Charge hydraulique : la charge hydraulique sur une digue correspond à la hauteur d'eau dans le cours d'eau par rapport au pied de digue côté zone protégée.

Coefficient de Strickler (K) : coefficient compris entre 0 et 100 permettant de qualifier la résistance d'un milieu par rapport aux écoulements. Il dépend de la rugosité de la surface, de la végétation, de la sinuosité, etc. Un coefficient proche de 100 représente une surface lisse et dégagée présentant peu de résistance aux écoulements.

Crue centennale : crue de période moyenne de retour 100 ans qui a une chance sur 100 de se produire chaque année.

Crue trentennale : crue de période moyenne de retour 30 ans qui a une chance sur 30 de se produire chaque année.

Crue millénale : crue de période moyenne de retour 1000 ans qui a une chance sur 1000 de se produire chaque année.

Débit de pointe : débit maximal atteint par le cours d'eau lors d'une crue donnée.

Digues de premier et de second rang : le rang désigne l'ordre dans lequel les digues sont sollicitées si la crue est assez forte pour le faire ; il ne faut y voir aucune autre notion, ni d'importance ni de hauteur.

Écrêter une crue : retenir un volume d'eau plus ou moins important afin d'être en mesure de diminuer le débit d'un cours d'eau.

EDD – étude de dangers : l'étude de dangers précise les risques auxquels un ouvrage peut exposer la population, directement ou indirectement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'ouvrage. Elle repose sur une démarche d'analyse des risques qui doit s'appuyer sur une description suffisante de l'ouvrage, de son environnement immédiat et éloigné, concerné par les causes ou les conséquences des accidents potentiels.

Hydrogramme : Variation du débit au cours du temps

Hydrologie : étude des pluies, des débits et de leurs variations.

Levé bathymétrique : mesure des profondeurs et du relief d'un cours d'eau.

Levé topographique : mesure permettant de déterminer les reliefs du terrain (mesure au sol ou par moyen aéroporté).

Levé LIDAR (light detection and ranging) : levé topographique réalisé par une technique de télédétection par balayage laser.

Ligne d'eau : niveau de la surface du plan d'eau, obtenu par mesure directe ou par calcul.

Limnigramme : variation de la hauteur d'eau au cours du temps.

Lit majeur (ou champ majeur) : partie d'un cours d'eau inondée uniquement en cas de crue.

Lit mineur : espace où l'écoulement d'une rivière s'effectue la grande majorité du temps.

MNT – modèle numérique de terrain : représentation numérique de la topographie.

Période de retour d'une crue : moyenne à long terme du temps ou du nombre d'années séparant une crue de grandeur donnée d'une seconde d'une grandeur égale ou supérieure.

PHE – Plus Hautes Eaux : niveaux maximaux atteints lors d'une crue. Ils sont généralement connus grâce aux laisses de crue et/ou témoignages recueillis suite à une crue.

Laisses de crue : traces laissées par le niveau de l'eau lors d'une crue.

Renard hydraulique : phénomène d'érosion interne qui se produit dans un ouvrage hydraulique de l'aval vers l'amont.

Revanche : hauteur entre la crête d'un ouvrage et le niveau des plus hautes eaux.

TRI – territoire à risque important d'inondation : territoire inondable, défini en application de la directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation.

VTA – visite technique approfondie : la visite technique approfondie d'un ouvrage (digue ou barrage) a pour objectif d'identifier tous les désordres pouvant affecter sa sécurité.

Zone d'expansion de crue : espace naturel ou aménagé où les eaux de débordement peuvent se répandre lors d'un épisode de crue.