



ETUDES DE DANGERS DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE ET FONCTIONNEMENT DE LA PLAINE D'INONDATION DE BOULBON

**Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours
indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux
(articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)**



Brèche de Petit Argence, quartiers nord d'Arles (décembre 2003) et digues résistantes à la surverse de Tarascon-Arles et de Beaucaire-Fourques

Version	Date	Commentaires
0	25/06/2021	Version initiale

Sommaire

1	Objet de la notice	3	6.9.3	Evolution des niveaux dans le delta en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon.....	51
2	Le Symadrem	5	6.9.4	Comparaison entre les fonctionnements avec et sans brèche	51
3	Le delta du Rhône et ses systèmes d'endiguement	6	7	Etat actuel	53
3.1	Présentation générale	6	7.1	Travaux réalisés de 2008 à 2020.....	53
3.2	Système d'endiguement rive gauche	8	7.2	Probabilités de brèches des SE dans l'état actuel (B ou n°8)	54
3.2.1	Les ouvrages du système d'endiguement (SE)	8	7.3	Niveaux caractéristiques des SE dans l'état actuel (état B ou n°8)	56
3.2.2	La zone protégée (ZP) par le système d'endiguement rive gauche.....	11	7.4	fonctionnement hydraulique des systèmes d'endiguement.....	60
3.3	Système d'endiguement rive droite	13	7.5	Fonctionnement nominal & probable à certain pour une crue 7500.....	61
3.3.1	Les ouvrages du système d'endiguement (SE)	13	7.6	Fonctionnement nominal & probable à certain pour une crue 8500.....	61
3.3.2	La zone protégée (ZP) par le système d'endiguement rive droite.....	15	7.7	Fonctionnement nominal & probable à certain pour une crue 9500.....	63
3.4	Système d'endiguement Camargue insulaire	17	7.8	Fonctionnement nominal & probable à certain pour une crue 10500.....	67
3.4.1	Les ouvrages du système d'endiguement (SE)	17	7.9	Fonctionnement nominal & probable à certain pour une crue 11500.....	71
3.4.2	La zone protégée (ZP) par le système d'endiguement Camargue insulaire	20	7.10	Fonctionnement nominal & probable à certain pour une crue 12500.....	76
3.5	Déversoir et plaine d'inondation de Boulbon.....	22	7.11	Fonctionnement nominal & probable à certain pour une crue 14160.....	81
3.6	Système d'endiguement (SE) des Marguilliers	22	7.12	Niveaux de protection	85
4	Les crues du Rhône	23	7.13	Défaillance fonctionnelle pour le niveau de protection	89
4.1	Bassin versant et type de crues	23	7.13.1	RG Non mise en place de batardeaux.....	89
4.2	Débit et courbe de tarage	23	7.13.2	RG Rupture de batardeaux	89
5	Retour d'expérience historique	24	7.13.3	RG rupture de l'écluse d'Arles	89
5.1	Définitions et données	24	7.13.4	RD Non mise en place de batardeaux ou des portes de Beaucaire.....	90
5.2	Bilan des brèches sur la période 1840-2016.....	25	7.13.5	RD Rupture de batardeaux	90
5.3	Conséquences des brèches sur les zones protégées	25	7.13.6	RD Rupture des portes de Beaucaire.....	91
5.4	Enseignement des crues passées.....	29	7.13.7	RD rupture de l'écluse de Saint Gilles	91
5.5	Synthèse du fonctionnement Historique.....	31	7.13.8	CI Non mise en place de batardeaux	91
6	Niveaux de protection et fonctionnement des systèmes	33	7.13.9	CI Rupture de batardeaux	91
6.1	Définitions réglementaires.....	33	7.13.10	Non fermeture d'une vanne	91
6.2	Définitions techniques	33	7.13.11	Rupture des vannes d'ouvrages hydrauliques traversants	92
6.3	Scénarios d'inondation pris en compte.....	34	8	Etat après travaux de rehaussement du SIF de Beaucaire et du SIF de Tarascon.....	92
6.4	Fonctionnement hydraulique des systèmes d'endiguement	35	8.1	Consistance de l'état C.....	92
6.5	Scénarios de brèches étudiés et évalués	38	8.2	Probabilités de brèches des SE dans l'état C	93
6.6	Probabilités de brèches	43	8.3	Niveaux caractéristiques des SE dans l'état C	93
6.7	Classes de débit	45	8.4	Fonctionnement des systèmes et niveaux de protection dans l'état C	94
6.8	Cas des zones protégées avec plusieurs niveaux de protection	46	9	Inondation de la plaine de Boulbon.....	95
6.9	Paramètres déterminants dans la modélisation des niveaux d'eau	48	10	Fonctionnement du système des marguilliers.....	95
6.9.1	Débit de pointe et durée de la crue.....	48			
6.9.2	Impact des brèches sur la ligne d'eau et les débits.....	48			

1 OBJET DE LA NOTICE

La compétence gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations, dite "GEMAPI" a été transférée fin d'année 2019 par les EPCI-FP au SYMADREM, qui est, depuis le 1^{er} janvier 2020, l'autorité "gémapienne" dans le delta du Rhône.

Cette compétence créée par la loi MAPTAM du 27 janvier 2014 a fait l'objet d'un décret "digues" en 2015 ainsi que d'un arrêté relatif aux études de dangers de système d'endiguement en 2017. Ces textes ont été modifiés en 2019.

La GEMAPI n'a pas remis en cause le rôle des acteurs compétents pour la gestion de crise. Le maire et le préfet demeurent les seules autorités compétentes pour alerter la population.

Le maire est détenteur du pouvoir de police générale. Il est responsable, à ce titre, de l'alerte à la population en cas d'inondation ou de rupture de digues (article L2212-2 du code général des collectivités territoriales).

Si le maire n'agit pas, le préfet de département a un pouvoir de substitution et doit agir en lieu et place du maire (article L2215-1 CGCT). En cas de dépassement du périmètre communal, le préfet de département est le seul compétent pour prendre les mesures relatives à l'ordre, à la sûreté, à la sécurité et à la salubrité publiques (article L2215-1-3° du CGCT).

Si l'autorité "gémapienne" n'est pas compétente en matière de secours, elle a, depuis le décret digues de 2015, les obligations suivantes (article R214-116 du code de l'environnement) :

- déterminer les niveaux de protection des zones protégées par les systèmes d'endiguement (article R214-119-1 du code de l'environnement) ; exprimés en débit (ou en cote) du Rhône à la station de Beaucaire/Tarascon ;
- alerter les autorités compétentes en matière de secours en cas de dépassement des niveaux de protection ;
- indiquer les dangers encourus par les personnes en cas de dépassement des niveaux de protection.

La figure ci-dessous résume le rôle des différents acteurs de la gestion du risque inondation.

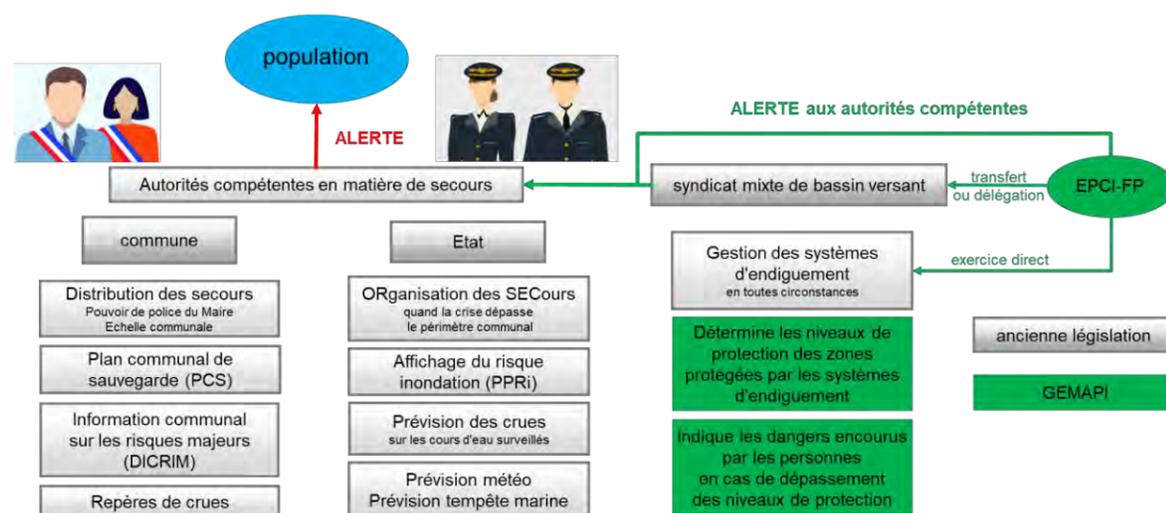


Figure 1. Gestion du risque inondation par les différents acteurs et rôle de l'autorité « gémapienne »

L'objet de la présente notice est de satisfaire à nos obligations. Les structures suivantes ont été invitées les 1^{er} et 2 juillet 2021 pour une présentation des études de dangers et du contenu du présent document. Le fonctionnement de la plaine de Boulbon, qui est hors système d'endiguement, a été rappelé à cet occasion.

Structures invitées le jeudi 1^{er} juillet 2021 à 9h (Maire et responsable du plan communal de sauvegarde) :

- commune de Beaucaire,
- commune de Fourques,
- commune de Bellegarde,
- commune de Saint-Gilles,
- commune de Beauvoisin,
- commune de Vauvert,
- commune de Le Cailar,
- commune d'Aimargues,
- commune de Saint-Laurent d'Aigouze,
- commune d'Aigues-Mortes,
- commune du Grau-du-Roi.

Structures invitées le jeudi 1^{er} juillet 2021 à 14h (Maire et responsable du plan communal de sauvegarde) :

- commune de Tarascon,
- commune d'Arles,
- commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône,
- commune des Saintes-Maries-de-la-Mer,
- commune de Vallabrègues,
- commune de Boulbon,
- commune de Saint-Pierre-de Mézoargues.

Structures invitées le vendredi 2 juillet 2021 à 9h :

- Préfecture des Bouches-du-Rhône – sécurité civile,
- Préfecture du Gard – sécurité civile,
- Sous-préfecture d'Arles,
- DDTM du Gard – référent départemental inondation,
- DDTM des Bouches-du-Rhône – référent département inondation,
- DREAL Occitanie – contrôle des ouvrages hydrauliques,
- DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur – contrôle des ouvrages hydrauliques,
- DREAL de bassin – police de l'eau,
- Service prévision des crues grand delta,
- Service départemental d'incendie et de secours des Bouches-du-Rhône,
- Service départemental d'incendie et de secours du Gard.

La présente notice est composée de dix (10) parties et dix-sept (17) annexes :

- La présente partie introductive,
- La 2^{ème} partie présente le Symadrem,
- La 3^{ème} partie présente les systèmes d'endiguement fluviaux dans le delta du Rhône, le déversoir de Boulbon et les zones protégées par ces systèmes et ouvrages,
- La 4^{ème} partie présente les crues du Rhône,
- La 5^{ème} partie fait part du retour d'expérience historique et accidentologique lors des crues de 1840, 1856, 1993, 1994, 2002 et 2003,
- La 6^{ème} partie définit le cadre réglementaire dans lequel les études de dangers ont été réalisées et le cadre technique,
- La 7^{ème} partie présente, dans l'état actuel, le fonctionnement nominal des systèmes en fonction du débit en tête de delta ainsi que le fonctionnement probable à certain qui doit être pris en compte par les autorités compétentes en matière de secours,
- La 8^{ème} partie présente le fonctionnement nominal des systèmes en fonction du débit en tête de delta ainsi que le fonctionnement probable à certain qui devra être pris en compte par les autorités compétentes en matière de secours après le rehaussement du site-industriale-portuaire de Beaucaire et du site-industriale-fluvial de Tarascon,
- La 9^{ème} partie présente, dans l'état actuel, le fonctionnement hydraulique de la plaine de Boulbon qui doit être pris en compte par les autorités compétentes en matière de secours,
- La 9^{ème} partie présente, dans l'état actuel, le fonctionnement nominal confondu avec le fonctionnement probable à certain, qui doit être pris en compte par les autorités compétentes en matière de secours pour le système d'endiguement des Marguilliers à Beaucaire,

L'annexe 1 est relative à la cartographie des inondations historiques.

L'annexe 2 présente la courbe de tarage de la station de Beaucaire/Tarascon et la compare avec les niveaux modélisés.

Les annexes 3 à 9 présentent le fonctionnement des systèmes pour respectivement sept crues. Pour chacune des crues, quatre cartes présentent successivement :

1. la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit **de fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour la gamme de crue considérée et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.

2. la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
3. la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour la gamme de crue considérée et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
4. la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

L'annexe 10 présente les niveaux de protection, définis par l'article R214-119-1 du code de l'environnement, dans l'état actuel. Ils sont exprimés en débit du Rhône à la station de Beaucaire/Tarascon gérée par le service de prévision des crues grand delta. Ces niveaux « garantis pied secs » ont été déterminés à partir des cartes relatives au scénario n°1 de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de fonctionnement nominal des systèmes d'endiguement. Ces cartes figurent dans les annexes n°3 à n°9 de la présente notice. Ces niveaux tiennent uniquement compte des apports venant du Rhône. Ils ne prennent pas en compte les apports d'eau pouvant venir de l'impluvium local ; d'autres cours d'eau que le Rhône ; de la Mer ou de remontées de nappe. Les scénarios de crue modélisés ont pris en compte des hypothèses de niveaux marins qui figurent dans la présente notice.

Les annexes n°11 à 14 présentent les cartes qui devront être prise compte après le rehaussement du site-industriale-portuaire de Beaucaire et du site-industriale-fluvial de Tarascon.

L'annexe 15 donne les niveaux observés et modélisés au droit du déversoir de Boulbon. Elle est suivie de l'annexe 16 qui donne le fonctionnement hydraulique de la plaine de Boulbon en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon.

L'annexe 17 donne le fonctionnement du système d'endiguement des Marguilliers à Beaucaire en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon.

Ce rapport a été établi à partir de nombreuses références bibliographiques, dont la liste figure dans les études de dangers de systèmes d'endiguement.

2 LE SYMADREM

Le SYMADREM regroupe depuis le 1^{er} janvier 2020 :

- le département des Bouches-du-Rhône,
- la métropole Aix Marseille Provence (AMP),
- la communauté d'agglomération Arles Crau Camargue Montagnette (ACCM),
- la communauté d'agglomération Nîmes Métropole (NM),
- la communauté de communes Terre de Camargue (CCTC),
- la communauté de communes de Beaucaire Terre d'Argence (CCBTA),
- la communauté de communes de la Petite Camargue (CCPC).

Les intercommunalités membres du SYMADREM lui ont transféré leur compétence gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI). Il est depuis cette date, l'autorité « gémapienne » dans le grand delta du Rhône (Cf. carte en page suivante).

La compétence « GEMAPI », comprend les missions définies aux 1^o, 2^o, 5^o et 8^o de l'article L211-7 du code de l'environnement :

- 1^o l'aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique,
- 2^o l'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau, canal, lac ou plan d'eau, y compris les accès à ce cours d'eau, à ce canal, à ce lac ou à ce plan d'eau,
- 5^o la défense contre les inondations et contre la mer,
- 8^o la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines.

En termes opérationnels, il

- réalise les études et les travaux en vue d'améliorer la protection contre les risques d'inondation du Rhône et de la mer ;
- représente le territoire auprès des instances en charge de la gestion globale du fleuve Rhône ou de la mer ;
- surveille, entretient et exploite les digues au quotidien et en période de crue ;
- détermine les niveaux de protection réglementaires et informe les autorités de gestion de crise (Maire, Préfet) en cas de dangers en provenance des ouvrages ;
- assure la gestion intégrée du trait de côte ;
- entretient et valorise les milieux écologiques restaurés ou créés (zones humides, lône, mares...) à l'occasion des travaux ;
- se charge du ressuyage des terres (évacuation des eaux) après inondations, en partenariat avec les ASA et d'autres acteurs.

L'action du SYMADREM s'inscrit dans le principe de solidarité territoriale, notamment envers les zones d'expansion des crues, qui fonde la gestion du risque d'inondation. Le syndicat assure également la maîtrise d'ouvrage de projets d'aménagement d'intérêt général et d'intérêt régional direct.

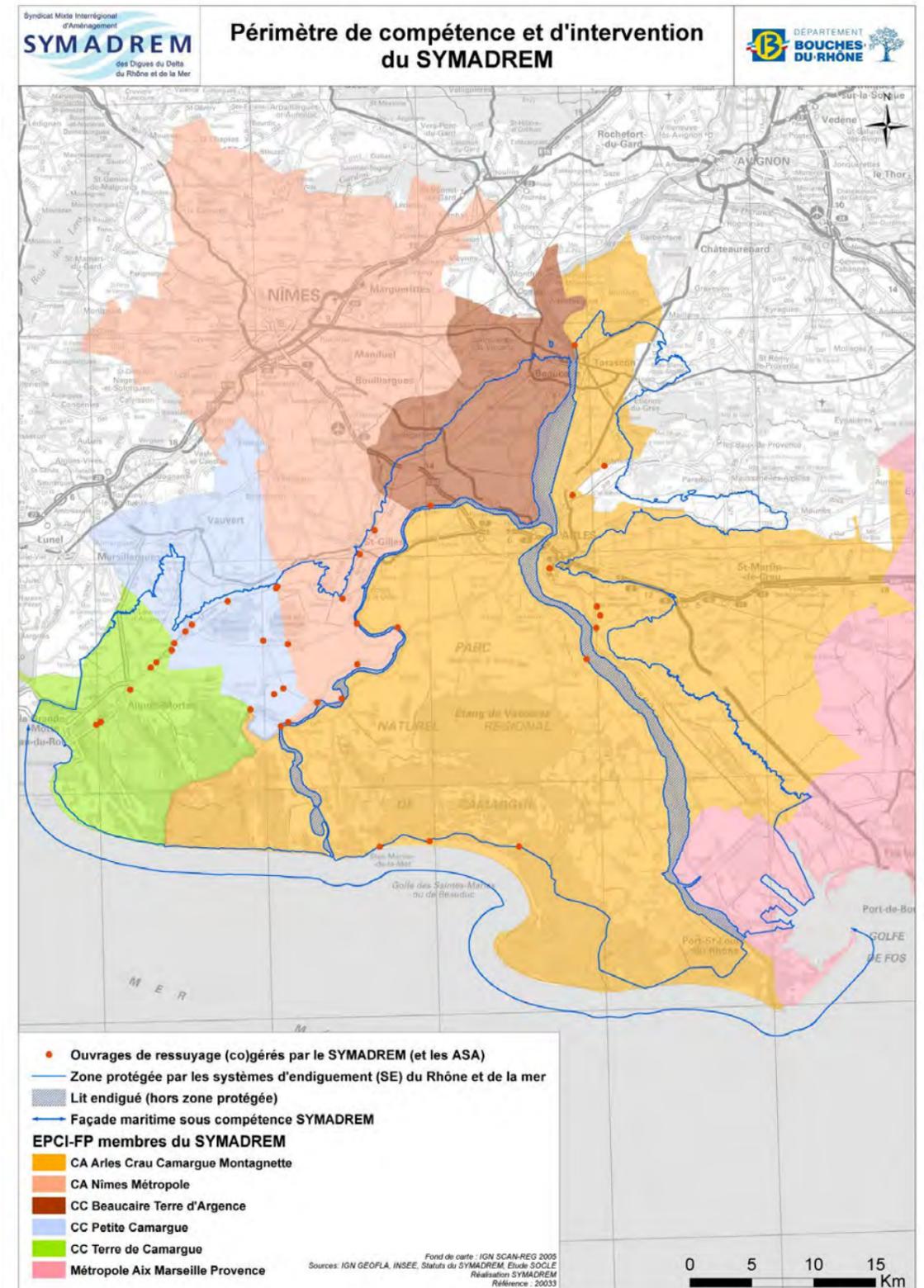


Figure 2. Zones protégées par les systèmes d'endiguement

3 LE DELTA DU RHONE ET SES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT

3.1 PRESENTATION GENERALE

Les systèmes d'endiguement et les zones protégées associées à ces derniers, identifiés aujourd'hui dans le delta du Rhône sont les suivants :

- système d'endiguement fluvial de la rive gauche du Rhône et du Grand Rhône ;
- système d'endiguement fluvial de la rive droite du Rhône et du Petit Rhône ;
- système d'endiguement fluvial de la Camargue insulaire (Grand Rhône Rive Droite et Petit Rhône Rive Gauche) ;
- système d'endiguement maritime de la Camargue insulaire reliant les embouchures respectives avec la mer du Petit Rhône et du Grand Rhône ;
- système d'endiguement fluvial du quartier des Marguilliers à Beaucaire.

- La « rive gauche » du Rhône et du Grand Rhône. Elle comprend les centres urbains de Tarascon, d'Arles et de Port-Saint-Louis-du-Rhône et de Mas Thibert, les plaines de Tarascon, et du Trébon, les anciens marais d'Arles, les marais de la Vallée des Baux, ceux de Meyranne et du Plan du Bourg. La population protégée (hors période estivale) est estimée à 52 000 personnes. La zone protégée par le système d'endiguement couvre le territoire de 8 communes, dont cinq sont situées en dehors du périmètre de compétences du SYMADREM ;
- La « Camargue insulaire » ceinturée par le Petit Rhône Rive Gauche ; le Grand Rhône Rive Droite et la digue à la Mer comprenant les centres urbains des Saintes-Maries-de-la-Mer, et les villages de la commune d'Arles (Saliers, Sambuc, Salin-de-Giraud, Albaron...). La population protégée (hors période estivale) est estimée à 14 000 personnes.

Cette population d'environ 100 000 personnes peut doubler, voire tripler en période estivale, principalement dans les communes du Grau-du-Roi, d'Aigues-Mortes, d'Arles et des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Au nord du système d'endiguement « rive gauche » se situe la plaine de Boulbon, qui couvre quatre communes, Boulbon, Vallabrègues, Saint-Pierre-de-Mézoargues et Tarascon et concerne 2 500 personnes soumises au risque d'inondation par le Rhône. L'inondation de la plaine est commandée par un déversoir rehaussé de 40 cm en 2020.

Les possibilités d'évacuation en cas d'inondation ou de repli sont très faibles. La part de la population vivant en zone inondable est en effet supérieure à 65 %, ce qui lui confère un caractère particulier au niveau national (cf. figure suivante).

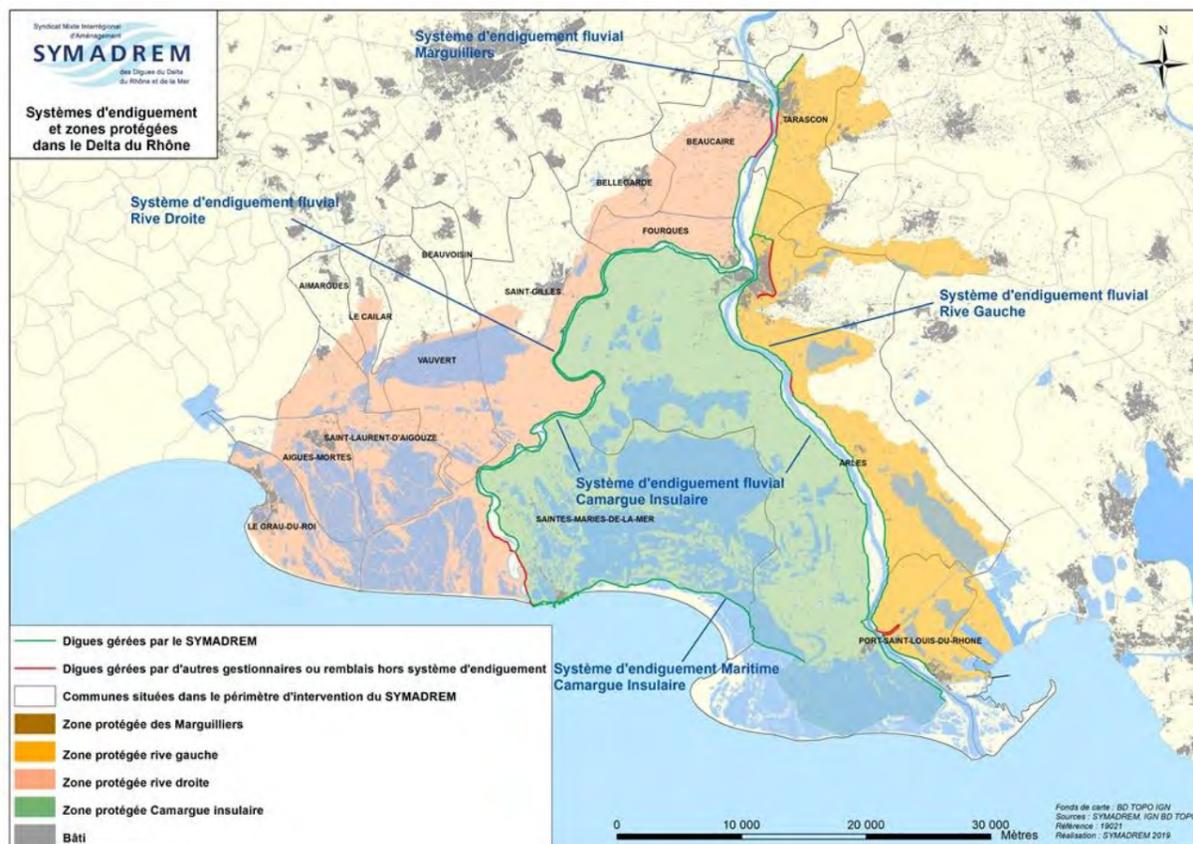


Figure 3. Systèmes d'endiguement dans le Delta du Rhône

Les zones protégées par les trois principaux systèmes d'endiguement fluviaux sont :

- La « rive droite » du Rhône et Petit Rhône correspondant à la zone inondée en novembre 1840 et couvrant 11 communes du Gard et 1 commune des Bouches-du-Rhône. Les trois unités de cette zone sont la plaine de Beaucaire, la Camargue Gardoise et la Camargue Saintoise. La population protégée (hors période estivale) est estimée à 34 000 personnes en population Insee et 56 000 personnes en population DGF ;

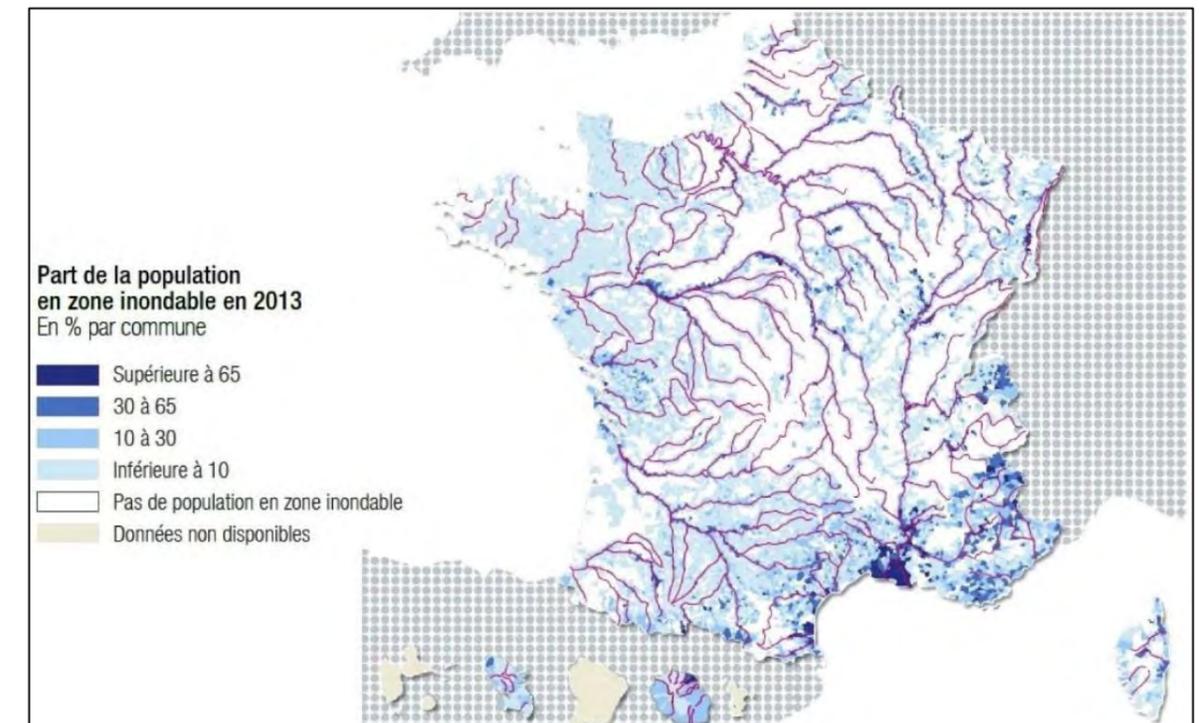
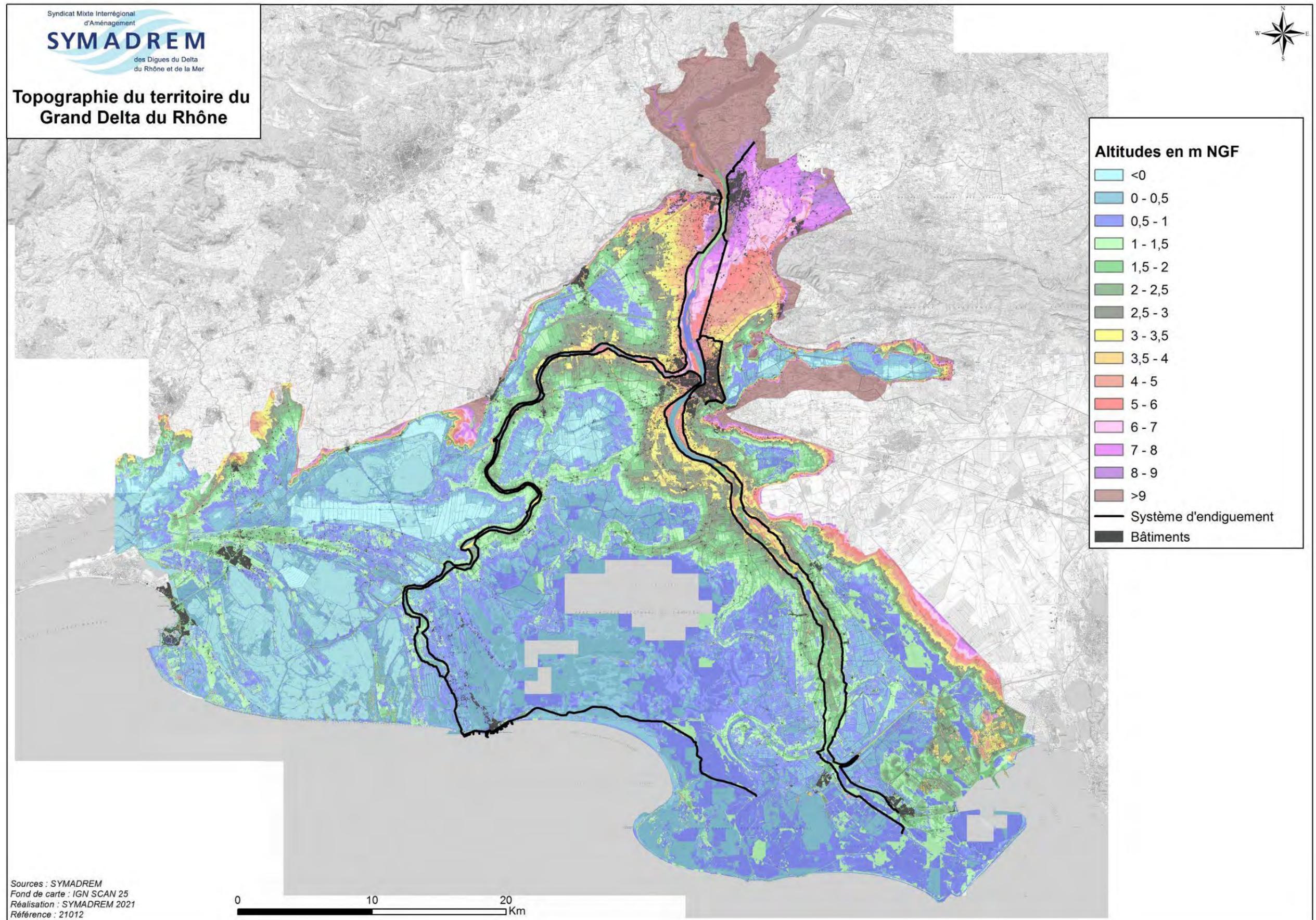


Figure 4. Extrait du rapport du Commissariat Général à l'égalité des territoires

La topographie et le bâti au sein des trois principales zones protégées figurent en page suivante



L'objectif des systèmes d'endiguement est de protéger contre les inondations provoquées par les crues du Rhône jusqu'aux niveaux de protection déterminés dans l'étude de dangers. Conformément à la réglementation, ces niveaux de protection sont déterminés avec une probabilité résiduelle de rupture d'ouvrage, qui ne peut excéder 5 %, ce qui signifie concrètement que lorsque la probabilité de brèche pour une crue donnée est supérieure à 5 % (soit 1 risque sur 20 pour une crue donnée), des entrées d'eau par brèche doivent être modélisées, qu'il y ait déversement ou non sur les digues.

Ces systèmes d'endiguement sont sans efficacité contre l'impluvium local, les tempêtes marines ou les crues d'autres cours d'eau que le Rhône, qui peuvent être également source d'inondation de la zone protégée, comme la Durance ou le Vigueirat en rive gauche ou le Vistre ou le Vidourle en rive droite.

Les systèmes ont été créés après les grandes crues de 1840 et 1856 en lieu et place d'autres ouvrages encore plus anciens, dont certains remontent au XII^{ème} siècle. Du fait de leur mode de réalisation (compactage avec des dames de 15 kg, non prise en compte de la teneur en eau à l'optimum découverte en 1933 par Ralph Proctor) et de l'effet mille-feuilles dû aux phases successives de rehaussement (Cf. photos ci-dessous), les digues du Rhône sont fortement exposées au risque de brèche par érosion interne (comprendre infiltrations). La probabilité de brèche devient significative, dès les premières sollicitations du fleuve et croît sensiblement avec le débit et dans une moindre mesure avec la durée de la crue.



Photo 1. Digues du delta du Rhône – mille-feuilles et hétérogénéités (© Symadrem)

Les crues de 1993, 1994, 2002, 2003 et 2016 ont montré que les digues du delta du Rhône pouvaient céder bien avant que l'eau n'atteigne la crête des digues.

Dans l'état actuel et malgré l'ampleur des travaux menés entre Beaucaire et Arles, on estime que le risque de brèche(s) dans le système, confirmé par les crues de 1993, 1994, 2002 et 2003, est certain (100 % de risque) à partir d'une crue cinquantennale (10 500 m³/s à Beaucaire/Tarascon).

La probabilité d'avoir dans les 20 prochaines années, durée prévisionnelle de réalisation du plan Rhône, une crue de période de retour 50 ans est de 1 chance sur 3, **ce qui permet de qualifier ce risque d'inacceptable** vis-à-vis des 100 000 personnes résidant dans le grand delta du Rhône.

Une rénovation complète et urgente des systèmes d'endiguement s'impose. Elle est en cours depuis 2007 et devrait s'achever en 2032.

3.2 SYSTEME D'ENDIGUEMENT RIVE GAUCHE

Le système d'endiguement « rive gauche » du Rhône et du grand Rhône et la zone protégée par ce dernier, figurent en pages suivantes. Le système comprend environ 65 km de digues de 1^{er} rang et 9 km de digues de 2nd rang et certaines protections de berges en enrochements quand la largeur du ségonnal (ou franc-bord) est inférieure à 20 mètres.

3.2.1 Les ouvrages du système d'endiguement (SE)

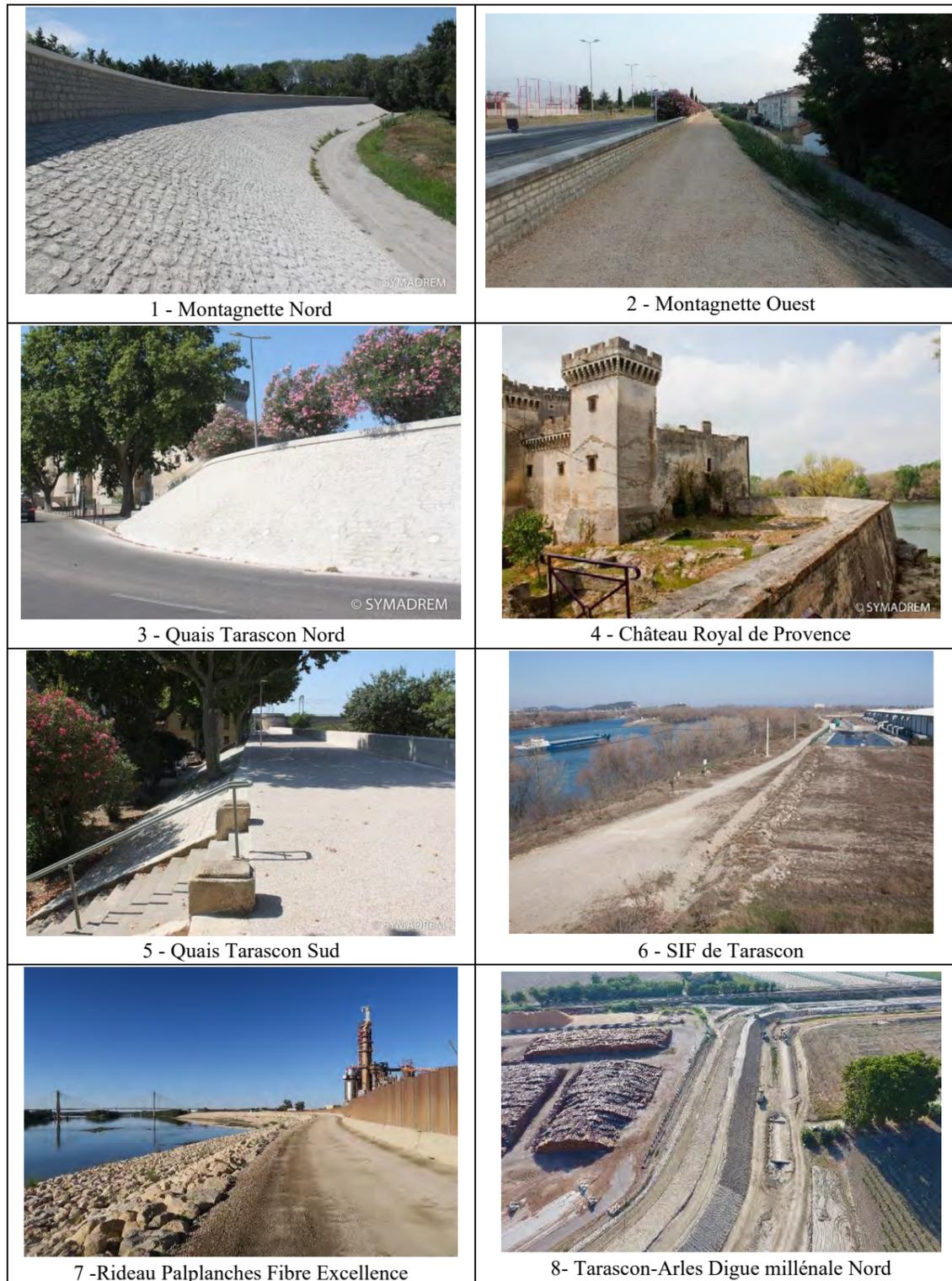
Le système d'endiguement de 1^{er} rang est découpée en 27 tronçons homogènes. L'extension d'un 28^{ème} tronçon est prévue dans le cadre de l'opération de renforcement et de mise à la cote des digues du Grand Rhône aval (Salin de Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône).

Tableau 1. Tronçons homogènes du système d'endiguement « rive gauche » de 1^{er} rang

SE RG	Libellé	Linéaire (en m)	PR début	PR fin
RG01	Digue de la Montagnette Nord	3 680	RG 262,93	RG 265,94
RG02	Digue de la Montagnette ville	970	RG 265,94	RG 266,93
RG03	Quais de Tarascon Nord	140	RG 266,93	RG 267,1
RG04	Château de Tarascon	210	RG 267,1	RG 267,2
RG05	Quais de Tarascon Sud	480	RG 267,2	RG 267,71
RG06	SIF de Tarascon	2 000	RG 267,71	RG 269,84
RG07	Palplanches de Fibre Excellence	440	RG 269,84	RG 270,29
RG08	Digue Millénale Nord de Tarascon-Arles	660	RG 270,29	RG 270,69
RG09	Digue Résistante à la surverse de Tarascon-Arles	5 290	RG 270,69	RG 275,88
RG10	Digue Millénale Sud de Tarascon-Arles	2 390	RG 275,88	RG 278,84
RG11	Digue du Mas Mollin	300	RG 278,84	RG 279,23
RG12	SIP Arles	1 660	RG 279,23	RG 280,84
RG13	Protection des Ségonnaux	1 350	RG 280,84	GRG 281,82
GRG14	Quais d'Arles	1 440	GRG 281,82	GRG 283,09
GRG15	Protection de l'IRPA	510	GRG 283,09	GRG 283,59
GRG16	Ecluse d'Arleset embouquement	270	GRG 283,59	GRG 283,73
GRG17	Digue de Barriol	2 350	GRG 283,73	GRG 286,49
GRG18	Digue Sud d'Arles	6 730	GRG 286,49	GRG 293,06
GRG19	Digue-route de la RD35	1 510	GRG 293,06	GRG 294,61
GRG20	Digue de Gallignan à Mas Thibert	6 940	GRG 294,61	GRG 301,25
GRG21	Digue de Mas Thibert à Boisviel	5 450	GRG 301,25	GRG 306,25
GRG22	Digue de Boisviel à Parade	2 830	GRG 306,25	GRG 309,13
GRG23	Digue de Parade à Barcarin	7 440	GRG 309,13	GRG 316,04
GRG24	Ecluse de Barcarinet embouquements	3 910	GRG 316,04	GRG 316,7
GRG25	Digue de Port Saint Louis Amont	2 850	GRG 316,7	GRG 319,53
GRG26	Digue de Port Saint Louis: Bois François	1 910	GRG 319,53	GRG 321,21
GRG27	Digue de Port Saint Louis: Vauban	1 070	GRG 321,21	GRG 322,29
GRG 28*	Quais de Port Saint Louis		GRG 322,29	GRG 323,2
TOTAL		64 780		

*non inclus actuellement

Les digues de 1^{er} rang du système d'endiguement « rive gauche » sont illustrées ci-dessous :



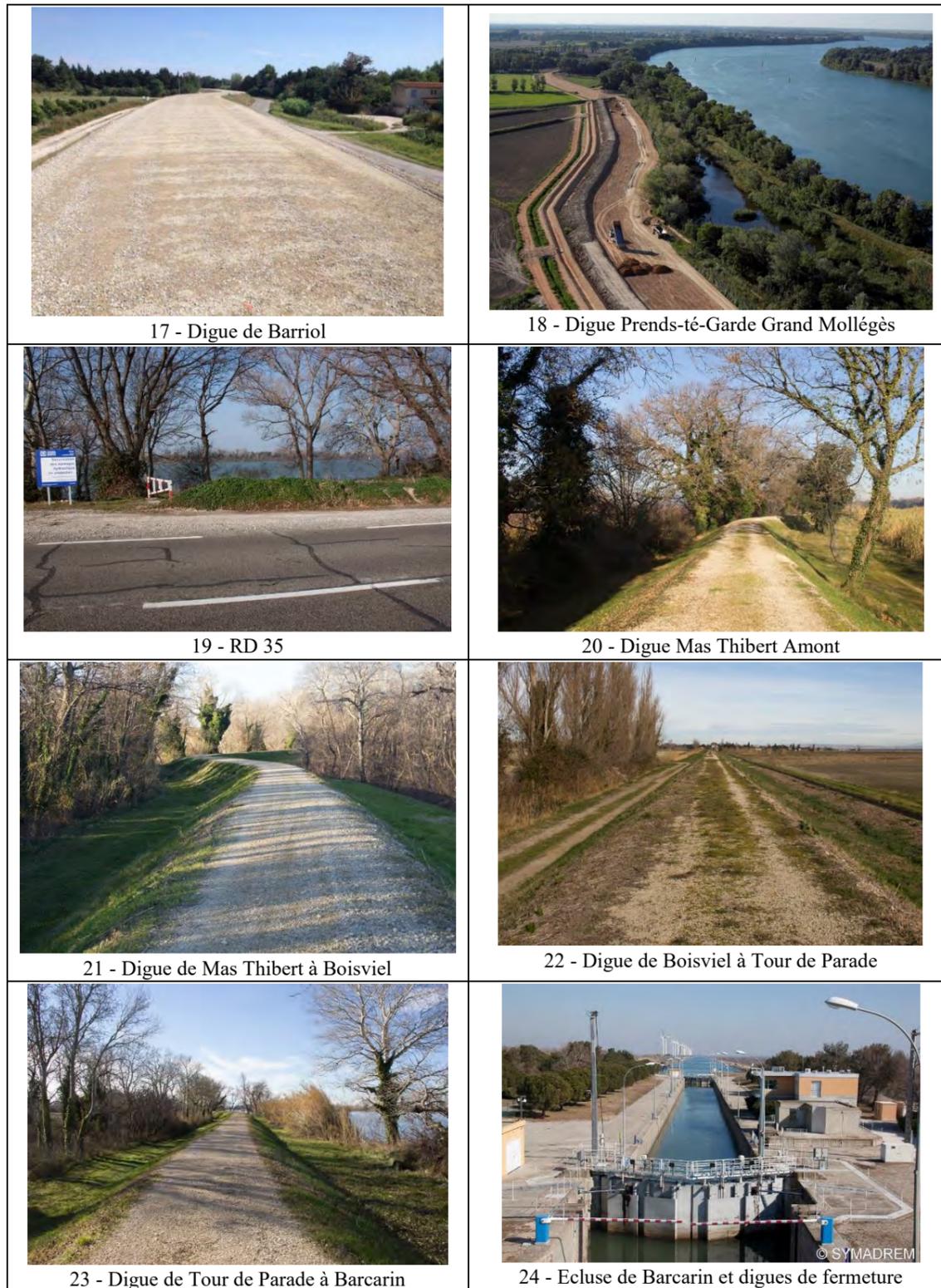


Photo 2. Digues du Rhône et du Grand Rhône rive gauche – 1^{er} rang

Le système d'endiguement de 2^{ème} rang est découpée en 5 tronçons homogènes.

Tableau 2. Tronçons homogènes du système d'endiguement « rive gauche » de 2^{ème} rang

SE RG	Libellé	Linéaire (en m)	PR début	PR fin
DN28	Digue Nord d'Arles	1 170	0	1.17
DN29	Remblai routier Nord d'Arles	640	1.17	1.81
VD30	Digue du Vigueirat à l'Est d'Arles	4 450	1.81	6.40
VD31	Digue du Vigueirat Nord à Fourchon	1 370	6.44	7.83
VG32	Digue du Vigueirat Sud à Fourchon	1 350	6.42	7.83
TOTAL		8 980		

Les digues de 2^{ème} rang du système d'endiguement « rive gauche » sont illustrées ci-dessous :



Photo 3. Digues du Rhône et du Grand Rhône rive gauche – 2^{ème} rang

3.2.2 La zone protégée (ZP) par le système d'endiguement rive gauche

La zone protégée par le système d'endiguement fluvial « rive gauche » couvre une superficie de 319 km². Elle est délimitée à l'Ouest par les digues du système d'endiguement fluvial « rive gauche » et à l'Est, par la limite de la zone inondée en 1840 (liée à la topographie). Au sud, elle est délimitée par le littoral.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque commune : la surface de la commune, la surface de la commune comprise dans la zone protégée, le pourcentage par commune de la surface communale comprise dans la zone protégée, le poids (en %) de chaque commune dans la zone protégée.

Tableau 3. Superficie de la zone protégée « rive gauche » – bilan à l'échelle communale

Commune	Surface commune (m ²)	Surface communale dans la ZP (m ²)	Surface communale dans la ZP (%)	Poids dans la ZP (%)
Arles	757 541 805	151 973 486	20%	48%
Port-Saint-Louis-du-Rhône	82 973 154	57 560 964	69%	18%
Tarascon	74 212 692	48 513 558	65%	15%
Fos-sur-Mer	89 064 004	14 683 501	16%	5%
Saint-Etienne-du-Grès	29 119 736	13 076 072	45%	4%
Fontvieille	40 357 759	13 006 104	32%	4%
Maussane-les-Alpilles	31 534 723	8 345 584	26%	3%
Paradou	15 983 079	6 687 203	42%	2%
Mouriès	38 423 445	3 534 002	9%	1%
Graveson	23 486 705	623 807	3%	0%
Saint-Martin-de-Crau	215 435 665	581 057	0%	0%
Mas-Blanc-des-Alpilles	1 591 059	85 693	5%	0%
Maillane	17 357 890	77 947	0%	0%
Saint-Rémy-de-Provence	90 416 155	31 242	0%	0%
Beaucaire	86 367 352	18 308	0%	0%
TOTAL		318 798 526		100 %

Une partie des communes est représentée au sein du SYMADREM par leurs intercommunalités :

- la communauté d'agglomération Arles-Crau-Camargue-Montagnette (Arles, Tarascon, Saint Martin de Crau),
- La métropole Aix-Marseille Provence (Port Saint Louis du Rhône, Fos Sur Mer)
- la communauté de communes de Beaucaire Terre d'Argence (Beaucaire),

La commune de Maillane, membre de la communauté d'agglomération Terre de Provence n'est pas représentée au SYMADREM ; son poids dans la zone protégée est néanmoins négligeable (0.02%).

Les communes de la communauté de communes Vallée des Baux-Alpilles (Saint Etienne du Grès, Fontvieille, Maussane les Alpilles, Paradou, Mouriès, Graveson, Mas Blanc des Alpilles et Saint Remy de Provence), non membres du SYMADREM, représentent 14 % de la zone protégée.

La zone protégée a été découpée en 29 sous-zones protégées (Cf. carte ci-après) pouvant être considérées comme hydrauliquement cohérentes en termes de sécurité vis-à-vis des inondations du Rhône. Elles ont été délimitées à partir de l'évaluation des probabilités de brèches (bande de sécurité), et des différents scénarios d'inondation modélisés dans le cadre des études de dangers.

Le tableau, qui suit, indique pour chaque sous-zone protégée respectivement : le nombre de ménages (Insee), le nombre d'individus (Insee), le nombre d'individus dits « vulnérables », respectivement de moins de 18 ans et de 65 ans et plus (Insee), le nombre d'individus résidant dans une habitation plain-pied (Insee), la densité de population (nb d'individus/km²), le nombre de locaux habités, le nombre de locaux habités plain-pied.



Figure 5. Découpage de la zone protégée rive gauche en 29 sous-zones protégées

Tableau 4. Rive gauche – principales données relatives aux populations

N° ZP	Ménages (Nb)	Individus (Nb)	Individus vulnérables (Nb)	Individus plain-pied (Nb)	Densité population (nb/km ²)	Locaux habités (Nb)	Locaux habités plain-pied (Nb)
1	4 673	11 225	4 706	1 497	1 625	3 890	974
2	532	1 461	558	213	92	718	245
3	397	1 013	387	210	80	656	211
4	56	135	46	21	325	113	37
5	61	192	66	24	178	87	20
6	1	3	1	1	5	7	4
7	0	0	0	0	0	0	0
8	28	76	29	13	14	92	30
9	157	398	151	71	15	424	138
10	84	204	77	46	5	240	89
11	707	1 657	657	540	87	1 249	518
12	6 028	14 029	6 234	1 228	2 840	3 567	867
13	3 150	6 142	2 483	192	4 988	2 516	157
14	11	27	12	7	40	20	5
15	6	14	5	2	13	12	3
16	2 639	6 684	2 996	1 231	668	1 241	671
17	37	76	23	29	4	101	45
18	1	1	0	1	1	8	2
19	27	61	25	26	6	72	38
20	16	45	19	1	20	21	6
21	207	552	205	164	312	284	109
22	22	51	17	19	1	132	70
23	30	83	28	28	38	81	45
24	68	190	81	68	99	91	62
25	16	45	12	8	89	37	13
26	29	80	21	35	4	85	49
27	13	41	13	9	10	24	12
28	3 377	7 475	3 075	843	191	2 086	678
29	0	0	0	0	0	0	0
Total	22 371	51 959	21 928	6 525	163	17 854	5 098

3.3 SYSTEME D'ENDIGUEMENT RIVE DROITE

Le système d'endiguement « rive droite » du Rhône et du Petit Rhône et la zone protégée par ce dernier, figurent en pages suivantes. Le système comprend environ 66 km de digues de 1^{er} rang et certaines protections de berges en enrochements quand la largeur du ségonnal (ou franc-bord) est inférieure à 20 mètres.

3.3.1 Les ouvrages du système d'endiguement (SE)

Le système d'endiguement est découpée en 30 tronçons homogènes.

Tableau 5. Tronçons homogènes du système d'endiguement « rive droite » de 1^{er} rang

SE RD	Libellé	Linéaire (en m)	PR début	PR fin
RD01	Banquette, Vierge, Musoir et Ecluse de Beaucaire	1 350	RD 267,1	RD 268,2
RD02	Embouquement Ecluse Beaucaire & Digue des Italiens	570	RD 268,2	RD 268,75
RD03	Remblai du Site Industriel-Portuaire de Beaucaire	3 760	RD 268,75	RD 272,3
RD04	Digue Beaucaire-Fourques résistante à la surverse	5 510	RD 272,3	RD 277,4
RD05	Station BRL à Pont Suspendu	3 840	RD 277,4	RD 280,8
PRD06	Pont Suspendu - Station de Tourette	3 490	PRD 280,8	PRD 284,5
PRD07	Station Tourette - Mas Petit Argence	3 710	PRD 284,5	PRD 287,9
PRD08	Digue de Petit Argence	570	PRD 287,9	PRD 288,5
PRD09	A54 - Station Grand Cabane	2 090	PRD 288,5	PRD 290,7
PRD10	Station Grand Cabane - Mas Berthaud	2 290	PRD 290,7	PRD 292,8
PRD11	Mas Berthaud - Mas Cavales	2 270	PRD 292,8	PRD 294,6
PRD12	Mas Cavales - Pont de St Gilles	2 510	PRD 294,6	PRD 297,2
PRD13	Pont St Gilles - Ecluse de St Gilles	2 320	PRD 297,2	PRD 299,45
PRD14	Embouquement Nord Ecluse St Gilles	580	PRD 299,45	PRD 299,75
PRD15	Embouquement Sud Ecluse St Gilles	510	PRD 299,75	PRD 299,9
PRD16	Ecluse St Gilles - Mas Versadou	990	PRD 299,9	PRD 301
PRD17	Mas Versadou- mas Cérier (digue rals projetée)	470	PRD 301	PRD 301,5
PRD18	Mas Cérier - Mas la Fosse	1 090	PRD 301,5	PRD 302,6
PRD19	Mas La Fosse- Mas Marignan (digue rals projetée)	2 200	PRD 302,6	PRD 304,5
PRD20	Mas Marignan - Mas La Motte	2 870	PRD 304,5	PRD 307,4
PRD21	Mas La Motte - Mas Claire Farine	1 170	PRD 307,4	PRD 308,7
PRD22	Digue Claire Farine	1 080	PRD 308,7	PRD 309,6
PRD23	Mas Claire Farine - Mas Neuf de Capette	5 880	PRD 309,6	PRD 314,7
PRD24	Mas Neuf de Capette - Sylvéreal	7 870	PRD 314,7	PRD 321,8
PRD25	Remblai Sylvéreal (future digue)	430	PRD 321,8	PRD 322,2
PRD26	Digue de Sylvéreal	300	PRD 322,2	PRD 322,4
PRD27	Sylvéreal - Mas du Juge	3 220	PRD 322,4	PRD 326
PRD28	Mas du juge - Pin Fourcat	1 280	PRD 326	PRD 326,7
PRD29	Pin Fourcat	200	PRD 326,7	PRD 327,1
PRD30	RD 85	1 480	PRD 327,1	PRD 328,3
TOTAL		65 900		

Les digues du système d'endiguement « rive droite » sont illustrées ci-dessous :



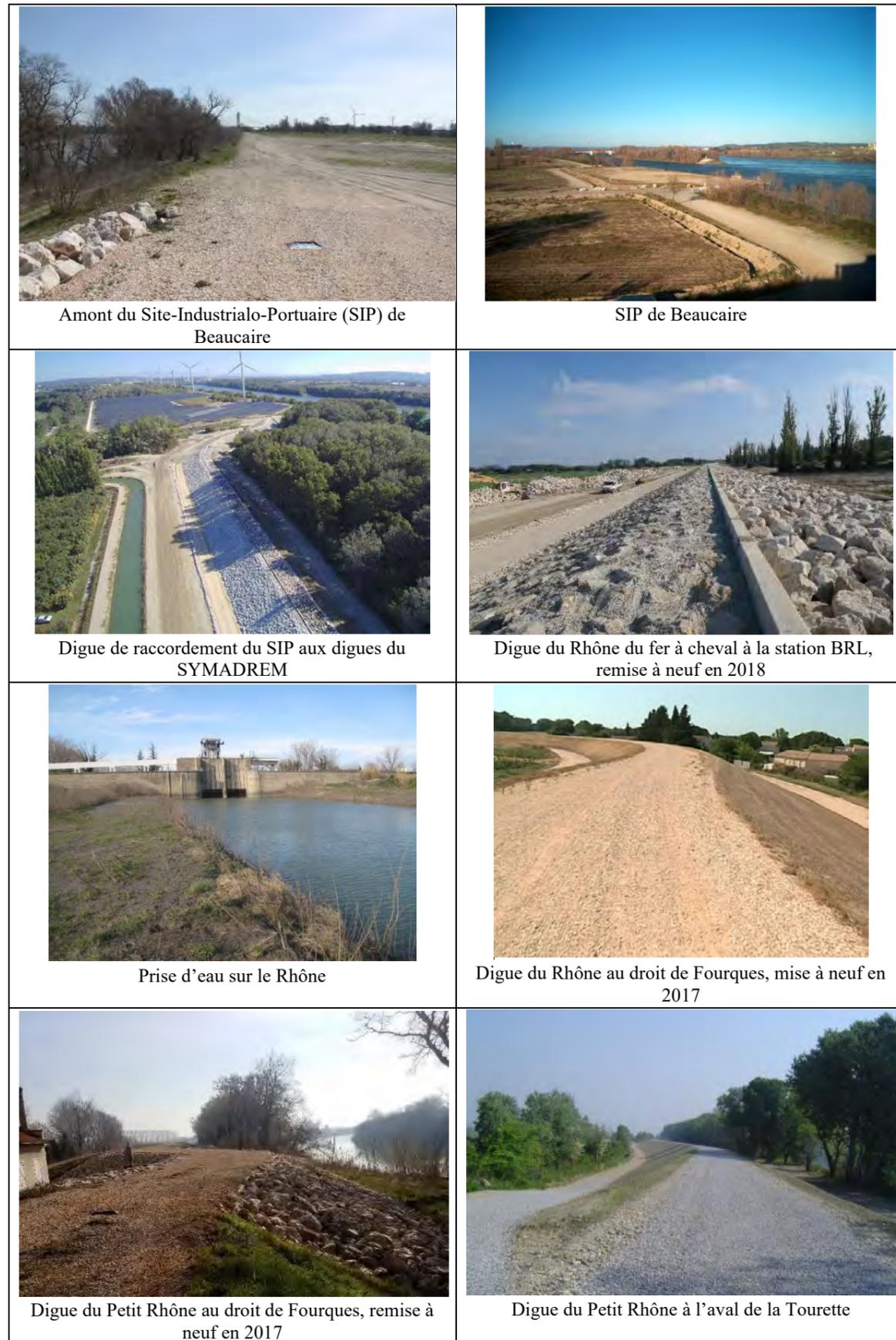




Photo 4. Digues du Rhône et du Petit Rhône rive droite

3.3.2 La zone protégée (ZP) par le système d'endiguement rive droite

La zone protégée par le système d'endiguement fluvial « rive droite » couvre une superficie de 544 km². Elle est délimitée à l'Est par les digues du système d'endiguement fluvial « rive droite » et à l'Ouest, par la limite de la zone inondée en 1840 (liée à la topographie). Au sud, elle est délimitée par le littoral.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque commune : la surface de la commune, la surface de la commune comprise dans la zone protégée, le pourcentage par commune de la surface communale comprise dans la zone protégée, le poids (en %) de chaque commune dans la zone protégée.

Tableau 6. Superficie de la zone protégée « rive droite » – bilan à l'échelle communale

Commune	Surface Commune (m ²)	Surface communale dans la ZP (m ²)	Surface communale dans la ZP (%)	Poids dans la ZP (%)
Aigues-Mortes	57 697 457	48 422 568	84 %	8,9 %
Aimargues	26 657 255	3 653 693	14 %	0,7 %
Beaucaire	86 367 352	54 758 357	63 %	10,1 %
Beauvoisin	27 921 976	1 682 913	6 %	0,3 %
Bellegarde	44 688 880	16 785 193	38 %	3,1 %
Fourques	38 508 877	33 754 916	88 %	6,2 %
Le Cailar	30 182 054	14 754 150	49 %	2,7 %
Le Grau-du-Roi	57 774 498	55 350 810	95 %	10,1 %
Saintes-Maries-de-la-Mer	371 765 889	79 024 206	21 %	14,5 %
Saint-Gilles	152 450 252	81 053 717	53 %	14,9 %
Saint-Laurent-d'Aigouze	89 735 420	86 558 319	96 %	15,9 %
Vauvert	110 325 079	68 940 941	62 %	12,6 %
TOTAL		544 536 575		100 %

Toutes ses communes sont représentées au sein du SYMADREM par leurs intercommunalités :

- la communauté de communes de Beaucaire Terre d'Argence (Beaucaire, Fourques, Bellegarde),
- la communauté d'agglomération Nîmes métropole (Saint Gilles),
- la communauté de communes de Petite Camargue (Beauvoisin, Vauvert, Le Cailar, Aimargues),
- la communauté de communes de terre de Camargue (Saint Laurent d'Aigouze, Aigues Mortes et le Grau du Roi)
- la communauté d'agglomération Arles-Crau-Camargue-Montagnette (Saintes Maries de la Mer).

D'importants enjeux sont situés à proximité directe des digues ou à moins de trois heures de l'onde de rupture d'une digue. Il s'agit des bâtis des communes de Beaucaire, de Fourques et de Saint-Gilles. D'autres enjeux sont situés à une dizaine d'heures de l'onde de rupture d'une digue. Il s'agit des enjeux situés sur Bellegarde, Franquevaux (Beauvoisin) et Gallician (Vauvert). Les communes d'Aigues Mortes, du Grau-du-Roi et de Saint-Laurent d'Aigouze sont situées à plus d'une journée de l'onde rupture d'une digue.

La zone protégée a été découpée en 41 sous-zones protégées (Cf. carte ci-après) pouvant être considérées comme hydrauliquement cohérentes en termes de sécurité vis-à-vis des inondations du Rhône. Elles ont été délimitées à partir de l'évaluation des probabilités de brèches (bande de sécurité), et des différents scénarios d'inondation modélisés dans le cadre des études de dangers.

Le tableau qui suit, indique pour chaque sous-zone protégée respectivement : le nombre de ménages (Insee), le nombre d'individus (Insee), le nombre d'individus dits « vulnérables » respectivement de moins de 18 ans et de 65 ans et plus (Insee), le nombre d'individus résidant dans une habitation plain-pied (Insee), la densité de population (nb d'individus/km²), le nombre de locaux habités, le nombre de locaux habités plain-pied.



Figure 6. Découpage de la zone protégée rive droite en 41 sous-zones protégées

Tableau 7. Rive Droite – Principales données relatives aux populations

N° ZP	Ménages (Nb)	Individus (Nb)	Individus vulnérables (Nb)	Individus plain-pied (Nb)	Densité population (nb/km ²)	Locaux habités (Nb)	Locaux habités plain-pied (Nb)
1	9	20	6	7	6	18	5
2	11	28	10	0	4	33	6
3	10	24	7	6	1	45	17
4	3	7	2	0	0	26	10
5	0	0	0	0	0	5	3
6	22	47	16	29	3	60	42
7	115	266	96	97	12	286	150
8	113	285	94	65	7	247	87
9	104	235	79	26	22	208	60
10	0	0	0	0	0	2	0
11	18	49	18	19	1	64	29
12	4	8	2	4	1	17	8
13	55	141	54	66	8	208	132
14	122	267	93	60	215	158	55
15	274	679	276	304	83	386	207
16	24	46	16	12	3	70	29
17	0	0	0	0	0	12	6
18	64	135	41	32	2	139	58
19	27	60	19	14	4	61	34
20	81	149	71	30	43	85	27
21	1 003	2 168	954	228	1 907	793	141
22	2 654	4 479	2 190	148	1 312	1 730	156
23	318	810	324	204	144	468	196
24	3 372	7 477	3 143	959	3 132	3 683	601
25	1 642	3 624	1 538	102	3 722	1 160	80
26	10	23	8	6	9	25	11
27	428	1 073	394	247	207	640	254
28	365	972	393	280	209	629	302
29	96	252	97	51	27	208	89
30	977	2 288	957	431	816	1 106	325
31	26	60	24	5	25	36	9
32	127	343	116	49	19	226	66
33	366	992	384	194	1 933	402	117
34	630	1 509	682	258	2 831	737	169
35	171	394	170	42	339	191	34
36	215	476	207	21	2 562	220	24
37	178	430	172	72	41	264	82
38	5	12	5	3	2	21	11
39	367	964	346	241	19	748	314
40	0	0	0	0	0	0	0
41	1 472	2 593	1 291	205	824	1 030	168
Total	15 472	33 380	14 294	4 515	61	16 447	4 114

3.4 SYSTEME D'ENDIGUEMENT CAMARGUE INSULAIRE

Le système d'endiguement « Camargue Insulaire » constituée des digues du Petit Rhône rive gauche et du Grand Rhône rive droite et la zone protégée par ce dernier, figurent en pages suivantes.

Le système comprend environ 96 km de digues de 1^{er} rang et certaines protections de berges en enrochements quand la largeur du ségonnal (ou franc-bord) est inférieure à 20 mètres.

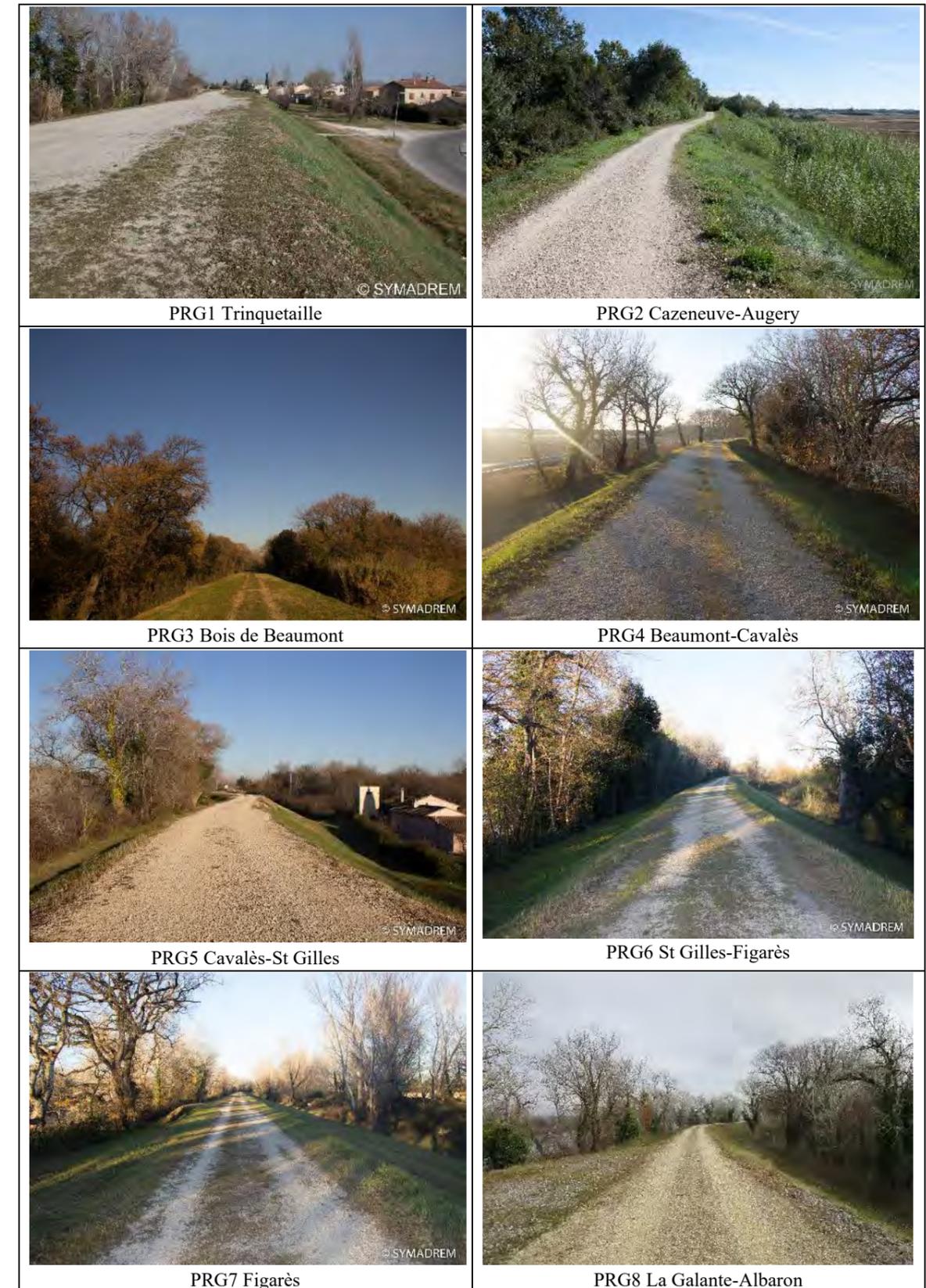
3.4.1 Les ouvrages du système d'endiguement (SE)

Le système d'endiguement est découpée en 14 tronçons homogènes côté Petit Rhône rive gauche. Il vient se raccorder sur des bourrelets en remblai, découpés en 5 tronçons homogènes (PRG 16 à 19).

Tableau 8. Tronçons homogènes du système d'endiguement « Camargue insulaire » côté Petit Rhône rive gauche

SE CI PRG	Libellé	Linéaire (en m)	PR début	PR fin
PRG1	Trinquetaille	1 576	PRG 281.1	PRG 282.5
PRG2	Cazeneuve-Augéry	5 268	PRG 282.5	PRG 287.4
PRG3	Beaumont	724	PRG 287.4	PRG 288.5
PRG4	Beaumont-Cavalès	6 601	PRG 288.5	PRG 294.5
PRG5	Cavalès - St Gilles	2 858	PRG 294.5	PRG 297.2
PRG6	St-Gilles - Figarès	923	PRG 297.2	PRG 298.2
PRG7	future digue résistante à la surverse (Figarès)	1 760	PRG 298.2	PRG 299.8
PRG8	La Galante - Albaron	6 698	PRG 299.8	PRG 306.55
PRG9	Albaron	1 181	PRG 306.55	PRG 307.7
PRG10	Albaron-Eymini	5 546	PRG 307.7	PRG 313
PRG11	Eymini-Sénebier	7 808	PRG 313	PRG 320.75
PRG12	Sénebier	1 057	PRG 320.75	PRG 322
PRG13	Sénebier-Icard	6 872	PRG 322	PRG 329.5
PRG14	Mas d'Icard - Bac	1 606	PRG 329.5	PRG 330.5
TOTAL		50 478		

Les digues du Petit Rhône rive gauche du système d'endiguement « Camargue insulaire » sont illustrées ci-dessous :



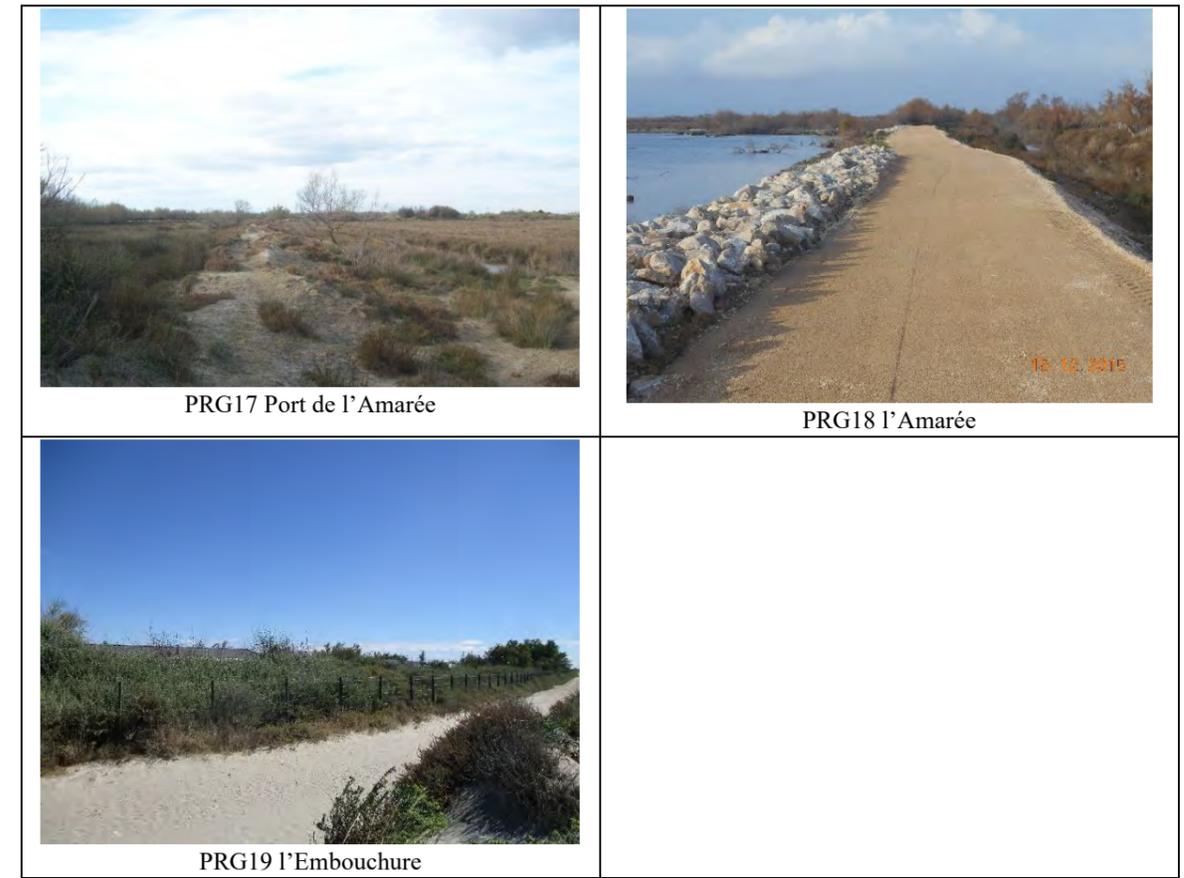


Photo 5. Dignes du Petit Rhône rive gauche

Le système d'endiguement est découpée en 14 tronçons homogènes côté Grand Rhône rive droite.

Tableau 9. Tronçons homogènes du système d'endiguement « Camargue insulaire » côté Grand Rhône rive droite

SE CI GRD	Libellé	Linéaire (en m)	PR début	PR fin
D1	Défluent	1 136	PRG 281.1	GRD 281.8
GRD1	Quais	1 716	GRD 281.8	GRD 283.5
GRD2	Papeteries Etienne	790	GRD 283.5	GRD 284.15
GRD3	Emmaus	1 441	GRD 284.15	GRD 285.25
GRD4	Passeron-Monlong	3 240	GRD 285.25	GRD 288
GRD5	Monlong	1 037	GRD 288	GRD 288.9
GRD6	Monlong-Beaujeu	6 311	GRD 288.9	GRD 295.15
GRD7	Beaujeu-l'Armelière	3 142	GRD 295.15	GRD 298.2
GRD8	L'Armelière-la Commanderie	7 561	GRD 298.2	GRD 305.5
GRD9	La Commanderie-Bois Verdun	4 042	GRD 305.5	GRD 309.25
GRD10	Bois Verdun-Chartrouse	1 897	GRD 309.25	GRD 311.8
GRD11	Chartrouse-La Louisiane	1 247	GRD 311.8	GRD 313.1
GRD12	La Louisiane-L'Esquineau	7 957	GRD 313.1	GRD 319.4
GRD13	L'Esquineau-Palissade	4 368	GRD 319.4	GRD 323.3
TOTAL		45 885		

Les digues du Grand Rhône rive droite du système d'endiguement « Camargue insulaire » sont illustrées ci-dessous :





Photo 6. Digue du Grand Rhône rive droite

3.4.2 La zone protégée (ZP) par le système d'endiguement Camargue insulaire

La zone protégée par le système d'endiguement fluvial « Camargue insulaire » couvre une superficie de 657 km². Elle est délimitée à l'Est par les digues du Grand Rhône, à l'Ouest, par les digues du Petit Rhône et au sud par la digue à la Mer.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque commune : la surface de la commune, la surface de la commune comprise dans la zone protégée, le pourcentage par commune de la surface communale comprise dans la zone protégée, le poids (en %) de chaque commune dans la zone protégée.

Tableau 10. Superficie de la zone protégée « rive droite » – bilan à l'échelle communale

Commune	Surface Commune (m ²)	Surface communale dans la ZP (m ²)	Surface communale dans la ZP (%)	Poids dans la ZP (%)
Arles	757 541 805	395 877 879	52.3%	60.3%
Saintes Maries de la Mer	371 765 889	260 725 610	70.1%	39.7%
TOTAL		656 603 490		100 %

Ces deux communes sont représentées au sein du SYMADREM par la communauté d'agglomération Arles Crau Camargue Montagnette.

La population INSEE résidant dans la zone protégée représentent environ 14 000 personnes.

La population DGF (= population INSEE + 1 habitant par résidence secondaire) représente quant à elle environ 15 000 personnes. Cette population peut doubler, voire tripler en périodes de vacances. L'essentiel des enjeux est concentré en tête de Camargue dans le quartier de Trinquetaille ; dans la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer en bordure du littoral et le long de la RD 570 juste au nord de la commune ; dans les hameaux de Salin de Giraud et du Sambuc en bordure du Grand Rhône rive droite ; dans les hameaux de Saliers et d'Albaron en bordure du Petit Rhône rive gauche. Les autres enjeux humains sont disséminés dans la plaine

La zone protégée a été découpée en 41 sous-zones protégées (Cf. carte ci-après) pouvant être considérées comme hydrauliquement cohérentes en termes de sécurité vis-à-vis des inondations du Rhône. Elles ont été délimitées à partir de l'évaluation des probabilités de brèches (bande de sécurité), et des différents scénarios d'inondation modélisés dans le cadre de l'étude de dangers.

Le tableau, qui suit ci-après, indique pour chaque sous-zone protégée respectivement : le nombre de ménages (Insee), le nombre d'individus (Insee), le nombre d'individus dits « vulnérables » respectivement de moins de 18 ans et de 65 ans et plus (Insee), le nombre d'individus résidant dans une habitation plain-pied (Insee), la densité de population (nb d'individus/km²), le nombre de locaux habités, le nombre de locaux habités plain-pied.

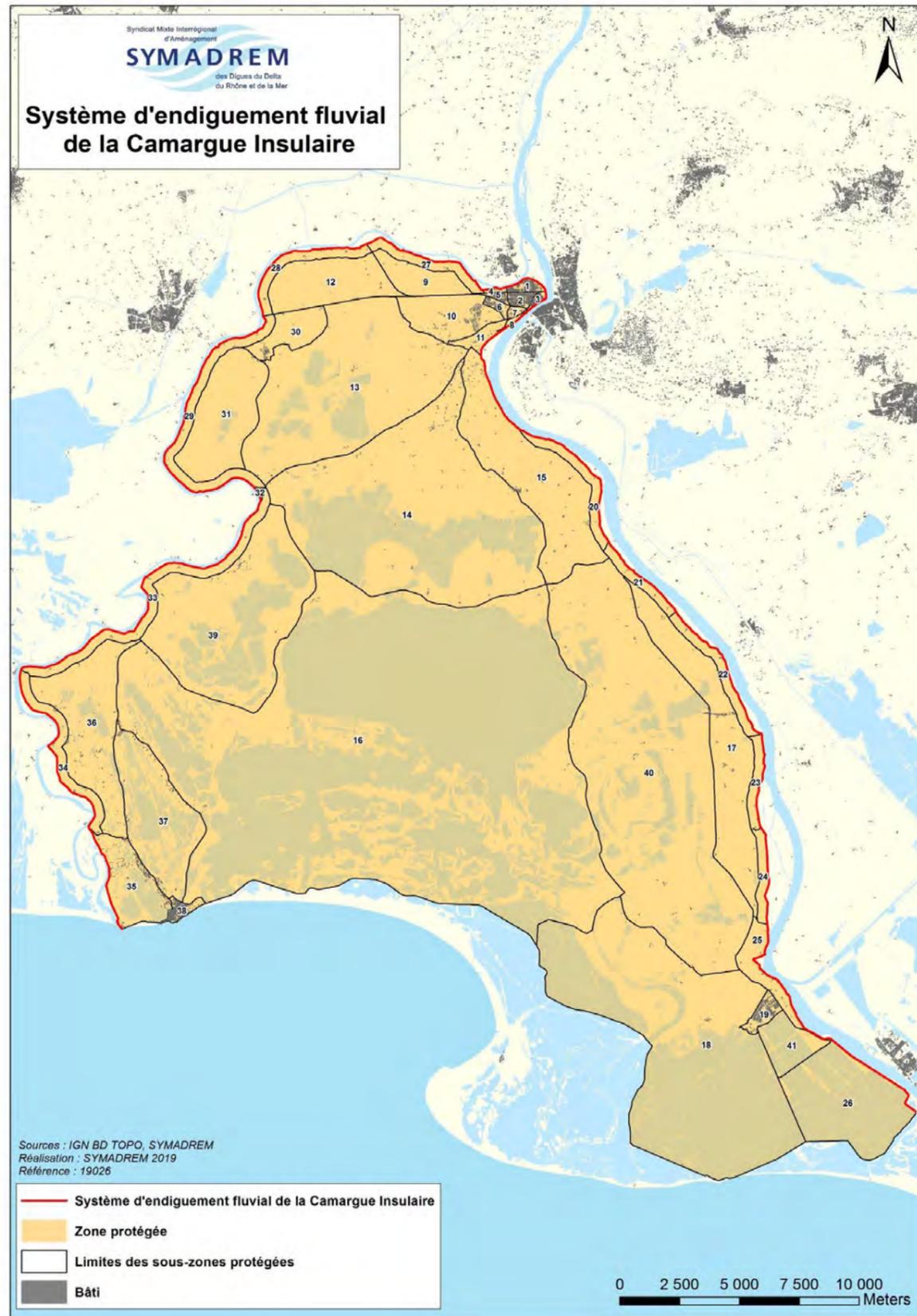


Figure 7. Découpage de la zone protégée rive droite en 41 sous-zones protégées

Tableau 11. Camargue insulaire – Principales données relatives aux populations

N° ZP	Ménages (Nb)	Individus (Nb)	Individus vulnérables (Nb)	Individus plain-pied (Nb)	Densité population (nb/km ²)	Locaux habités (Nb)	Locaux habités plain-pied (Nb)
1	538	1 289	518	320	2 149	632	207
2	1 212	2 754	1 254	383	4 591	860	256
3	598	1 132	449	26	3 772	353	28
4	32	94	27	12	468	59	15
5	159	459	166	95	1 531	187	63
6	216	719	295	89	1 438	200	63
7	77	185	74	40	617	66	25
8	3	7	4	-	35	3	0
9	9	19	7	9	5	15	5
10	265	717	247	255	116	479	267
11	35	85	31	17	71	72	32
12	8	17	6	5	2	39	10
13	71	168	60	53	4	189	95
14	95	229	83	92	4	327	170
15	104	265	105	113	13	302	136
16	39	86	27	53	0	121	82
17	98	240	96	104	13	195	114
18	19	34	13	8	1	73	32
19	880	1 915	814	332	1 473	1 074	333
20	2	5	1	1	2	16	7
21	4	9	4	-	6	18	3
22	2	5	2	1	2	24	12
23	2	4	1	2	3	20	7
24	1	2	1	2	1	2	2
25	26	58	25	16	17	65	37
26	-	-	-	-	-	2	1
27	2	6	2	3	3	27	9
28	8	22	9	-	9	40	7
29	22	49	16	11	10	55	17
30	105	265	85	32	68	177	31
31	7	14	4	7	1	17	11
32	26	60	18	25	602	51	27
33	21	47	17	7	8	67	24
34	37	82	32	32	24	84	50
35	161	356	141	222	52	528	417
36	92	190	70	94	12	206	129
37	83	157	48	91	11	301	228
38	965	1 846	754	227	2 051	1 453	294
39	40	95	25	48	3	89	51
40	63	134	48	50	2	202	122
41	-	-	-	-	-	1	1
Total	6 124	13 821	5 578	2 784		8 691	3 420

3.5 DEVERSOIR ET PLAINE D'INONDATION DE BOULBON

Au nord du système d'endiguement est localisée la plaine de Boulbon, dont l'inondation est commandée par un déversoir créé au moment des aménagements de la CNR dans années 70. Ce dernier a été rehaussé de 40 cm en 2020 par le SYMADREM au titre des mesures d'annulation et de réduction de l'impact hydraulique de la digue construite entre Tarascon et Arles.



Photo 7. Déversoir de Boulbon rehaussé de 40 cm en 2020

Le tableau ci-dessous donne pour chaque commune : la surface de la commune, la surface de la commune comprise dans la plaine d'inondation, le pourcentage par commune de la surface communale comprise dans la plaine d'inondation, le poids (en %) de chaque commune dans la plaine d'inondation.

Tableau 12. Superficie de la zone protégée « rive droite » – bilan à l'échelle communale

Commune	Surface Commune (m ²)	Surface communale dans la plaine d'inondation (m ²)	Surface communale dans la plaine d'inondation (%)	Poids dans la plaine d'inondation (%)
Boulbon	19 298 400	8 313 031	43%	34%
Saint-Pierre de Mézoargues	4 341 475	4 058 425	93%	17%
Tarascon	74 297 726	4 813 623	6%	20%
Vallabrègues	14 189 621	7 059 865	50%	29%
TOTAL	112 127 221	24 244 943	22%	100%

Le tableau ci-après, indique pour la plaine de Boulbon respectivement : le nombre de ménages (Insee), le nombre d'individus (Insee), le nombre d'individus dits « vulnérables » respectivement de moins de 18 ans et de 65 ans et plus (Insee), le nombre d'individus résidant dans une habitation plain-pied (Insee), la densité de population (nb d'individus/km²), le nombre de locaux habités, le nombre de locaux habités plain-pied.

N° ZP	Ménages (Nb)	Individus (Nb)	Individus vulnérables (Nb)	Individus plain-pied (Nb)	Densité population (nb/km ²)	Locaux habités (Nb)	Locaux habités plain-pied (Nb)
Bou	371	896	366	184	107,8	528	181
SPM	82	212	87	29	52,2	127	34
Tar	42	102	42	17	21,2	70	19
Val	569	1293	510	138	183,1	760	141
Total	1064	2503	1005	368	364,4	1485	375

3.6 SYSTEME D'ENDIGUEMENT (SE) DES MARGUILLIERS

Le quartier des Marguilliers est protégé par un système d'endiguement rehaussé et sécurisé jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône. Ce dernier a été équipé d'un tronçon résistant à la surverse calé pour contenir une crue de 11 500 m³/s et permettant une surverse sans brèche jusqu'à une crue de 14160 m³/s.



Photo 8. Tronçon résistant à la surverse du système d'endiguement Marguilliers



Photo 9. Mur de rehausse au droit du giratoire



Photo 10. Exercice de montage des batardeaux

4 LES CRUES DU RHONE

4.1 BASSIN VERSANT ET TYPE DE CRUES

Le Rhône a un bassin versant de 95 500 km². Compte tenu de son étendue, il présente un régime hydrologique singulier et est soumis aux deux influences des climats océaniques et méditerranéens. Les travaux de Maurice Pardé ainsi que l'analyse hydrométéorologique réalisée pour l'étude globale du Rhône (EGR) mettent en évidence quatre types de crues :

- Les crues océaniques : Elles sont dues aux précipitations abondantes sur la partie du bassin versant située au nord de Montélimar. Elles concernent le Rhône alpestre, le Rhône supérieur et la Saône. Les perturbations en provenance de l'Atlantique sont essentiellement actives d'octobre à mars.
- Les crues cévenoles : Elles résultent d'épisodes pluvieux accompagnés d'orages violents qui se produisent sur le pourtour du massif central (Ardèche, Eyrieux, Cèze, Gardon). Ce sont des crues violentes et rapides, qui concernent une période s'échelonnant de septembre à octobre.
- Les crues méditerranéennes : Elles sont plus tardives que les crues cévenoles, caractérisées par des orages violents localisés sur les Alpes du sud et le couloir rhodanien (Ouvèze, Aygues, Durance).
- Les crues généralisées : Elles sont issues de la combinaison de plusieurs épisodes pluvieux de type océanique et méditerranéen. Elles affectent l'ensemble du bassin versant.

La figure ci-dessous illustre le bassin versant du Rhône et l'origine des différentes crues.

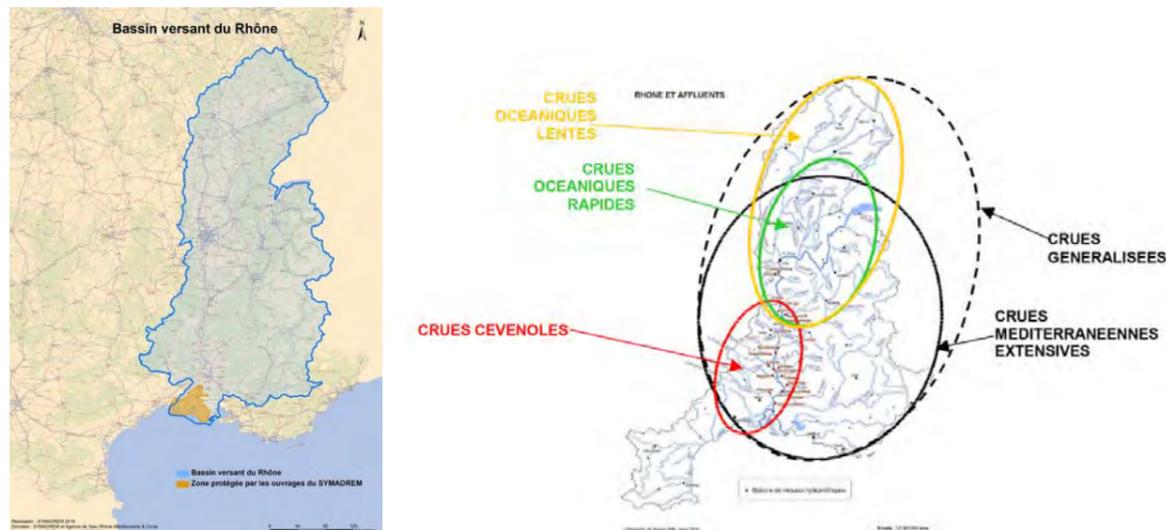


Figure 8. Bassin versant du Rhône et typologie des crues du Rhône (source DUBAND)

La comparaison des limnigrammes et du type de crues permet de voir que les crues ont des déroulements bien différents en fonction de leur l'origine météorologique. Ainsi les crues cévenoles et méditerranéennes sont très brèves, même si l'hydrogramme de la crue de décembre 2003 est épais au regard des autres crues méditerranéennes.

Les crues généralisées ont de leur côté des hydrogrammes plus épais. On notera que depuis 1840, aucune crue océanique n'a généré, à elle seule, de crues supérieures à la crue décennale dans le delta.

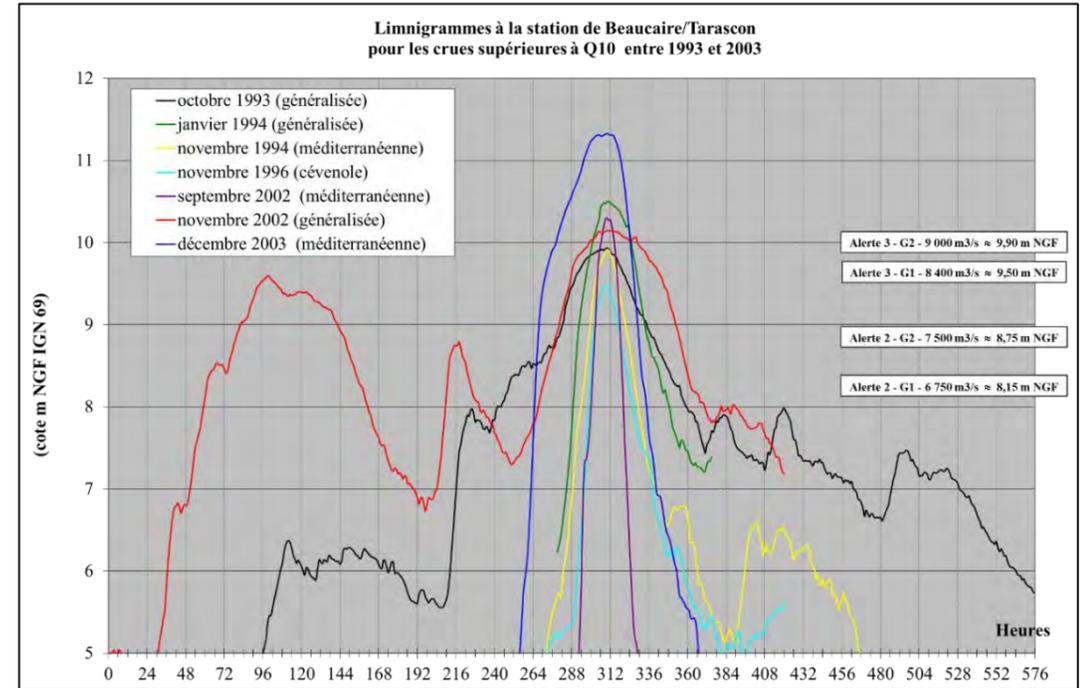


Figure 9. Limnigrammes à la station de Beaucaire/Tarascon des crues récentes (source CNR)

4.2 DEBIT ET COURBE DE TARAGE

Historiquement les débits des crues étaient estimés à partir des niveaux enregistrés à l'échelle du Pont de Beaucaire (PK 267,7) en rive droite du Vieux Rhône. Depuis les aménagements de la CNR, les débits sont mesurés à la station de Beaucaire/Tarascon située en rive gauche du Rhône au PK 269,6 juste en aval de la confluence du Vieux Rhône transitant par le barrage de Vallabrègues et le Rhône dérivé transitant par l'usine hydro-électrique de Beaucaire.

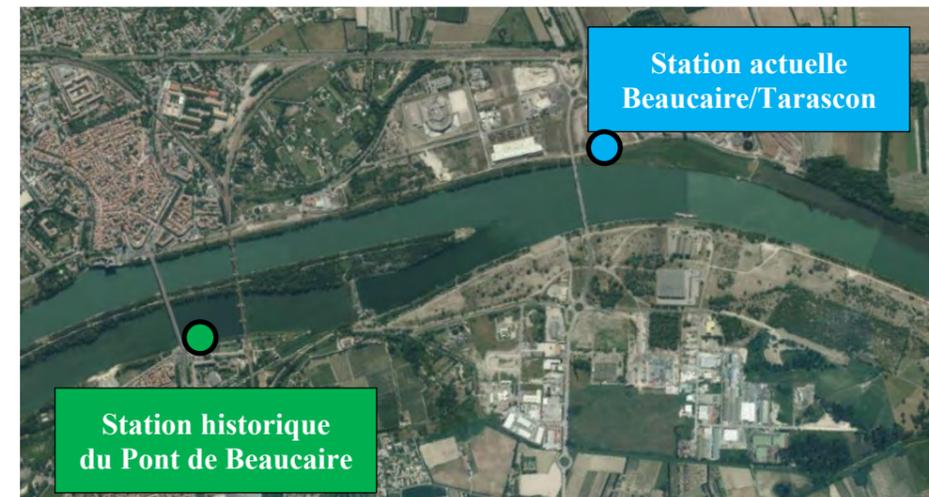


Figure 10. Traversée de Beaucaire/Tarascon en 2013 (source géoportail)

Les débits sont estimés par une courbe de tarage qui permet d'estimer le débit en fonction du niveau d'eau relevé. Ces courbes de tarage sont périodiquement mises à jour en fonction de l'évolution du fleuve. En décembre 2003, le débit du Rhône avait été initialement annoncé à 13 000 m³/s. Une conférence de consensus composé d'experts internationaux a mis en doute la courbe de tarage de l'époque et a revu à la baisse le débit de déc. 2003 en le ramenant à 11 500 m³/s ± 5 %. Cette révision aurait dû être l'occasion d'actualiser les débits de 1993, 1994, 1996 et 2002. Il a fallu attendre 2018 et la réalisation d'une étude d'actualisation par la DREAL AURA pour que ces débits soient revus à la baisse. Cette étude très approfondie, à laquelle la CNR et le SYMADREM ont été associés, a également actualisé tous les débits de 1816 à 2016. Cette étude qui a confirmé par une autre méthode le débit de 11 500 m³/s, est téléchargeable sur :

<https://www.plan-rhone.fr/publications-131/>

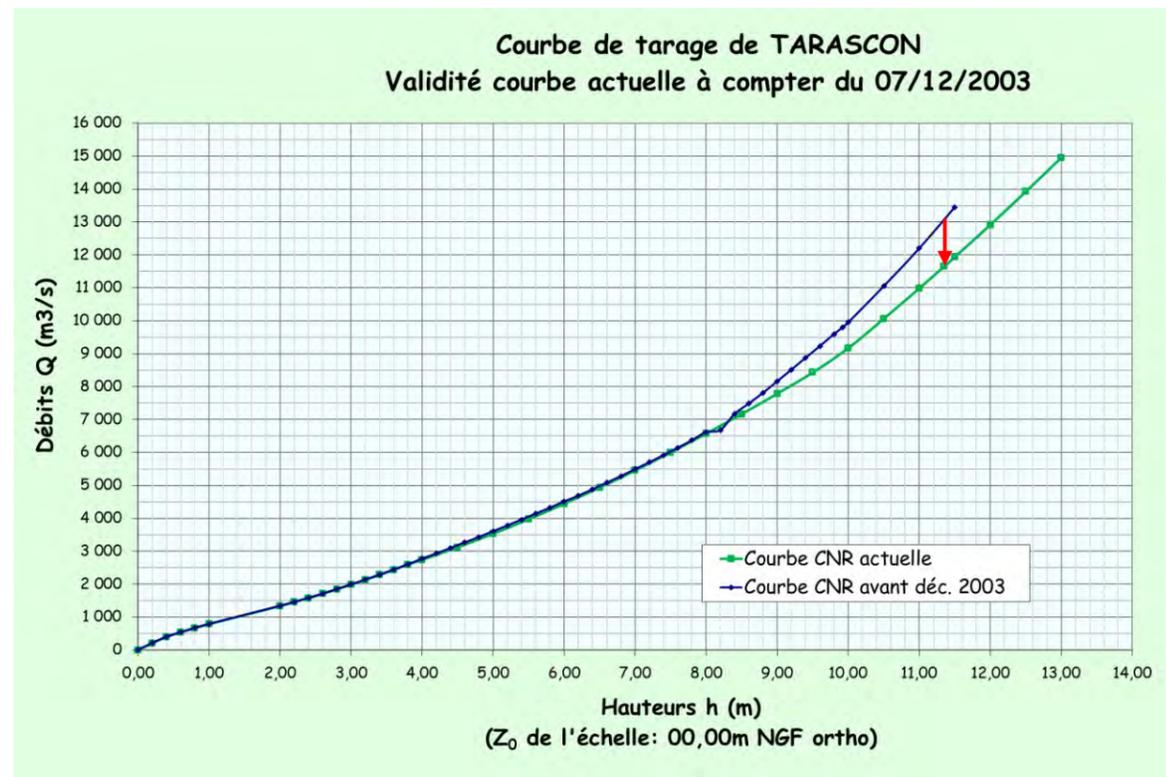


Figure 11. Courbe de tarage avant déc. 2003 (en bleu) et en vigueur (en vert)

Le tableau ci-dessous donne pour les crues récentes, les anciens débits estimés par la CNR et les débits actualisés par la DREAL AURA en 2018. Ils sont arrondis à la centaine de m³.

Tableau 13. Actualisation des débits en 2018 par la DREAL AURA

Crue	Ancien débit (en m ³ /s)	Débit actualisé (en m ³ /s)
10 octobre 1993	9 800	9 300
8 janvier 1994	11 000	10 200
6 novembre 1994	9 800	9 300
13 novembre 1996	9 000	8 600
10 septembre 2002	10 600	9 700
26 novembre 2002	10 300	9 500

5 RETOUR D'EXPERIENCE HISTORIQUE

La détermination des niveaux de protection au sein d'une zone protégée nécessite de bien appréhender la résistance des ouvrages mais également la propagation des crues en cas de brèche ou de surverse. L'étude historique des crues et inondations passés, appelée également étude accidentologique est primordiale pour appréhender cette phase.

5.1 DEFINITIONS ET DONNEES

L'analyse a été menée sur 14 crues couvrant la période 1840 – 2016 en distinguant trois types d'accidents et d'incidents : les brèches, les départs de brèche et les désordres.

La **brèche** est une rupture au sens de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), dont le lâcher d'eau ne peut plus être maîtrisé. La brèche est obtenue à la fin d'un processus impliquant des mécanismes de dégradation et de rupture, qui se développe en trois étapes : initiation, formation et élargissement. Elle est donc caractérisée par une phase d'élargissement et des entrées d'eau dans la zone protégée qui ne peuvent plus être interrompues.

Le **départ de brèche** se distingue de la brèche par le fait que la phase d'élargissement n'est pas encore en cours et/ou que le lâcher d'eau a été maîtrisé ou sans impact sur la zone protégée. Il peut y avoir des entrées d'eau, sans conséquence sur l'aval, qui peuvent être interrompues par un effondrement de la digue, une intervention d'urgence ou la diminution de la charge hydraulique liée à la décrue.



Photo 11. Exemple de brèche à gauche (© P. Blot) et de départ de brèche à droite (© BRLi)

Le **désordre** est défini, quant à lui, comme le signe observable ou quantifiable d'une dégradation de l'état initial de la digue qui peut être l'amorce d'une rupture et d'un processus de brèche.



Photo 12. Exemple de désordre (© Symadrem)

5.2 BILAN DES BRECHES SUR LA PERIODE 1840-2016

Le détail du retour d'expérience accidentologique figure au chapitre 6 de l'étude de dangers. L'analyse a été menée sur 14 crues couvrant la période 1840 – 2016. Le nombre de brèches, de départs de brèche et de désordres par crue analysée figure ci-dessous :

Tableau 14. Bilan quantitatif des désordres, départs de brèche et brèche par crue analysée

Crue	Brèche (Nb.)	Départ de brèche (Nb)	Désordre (Nb.)	Brèche par retour (Nb)
Novembre 1840	18	4	Non connu	3
Novembre 1841	8	2	Non connu	
Novembre 1843	10	17	Non connu	
Octobre 1846	0	2	Non connu	
Mai 1856	9	14	Non connu	
Octobre 1872	0	1	Non connu	
Octobre 1993	4	10	Non connu	
Janvier 1994	2	2	Non connu	
Novembre 1994	0	0	8	
Novembre 1996	0	1	1	
Septembre 2002	0	1	5	
Novembre 2002	1	1	32	
Décembre 2003	4	2	68	
Novembre 2016	1	0	15	
TOTAL	57	57	Non connu	3

Le bilan des 114 brèches et départs de brèche par initiateur de rupture sur les périodes respectivement 1840-2016 et 1993-2016 figure ci-après.

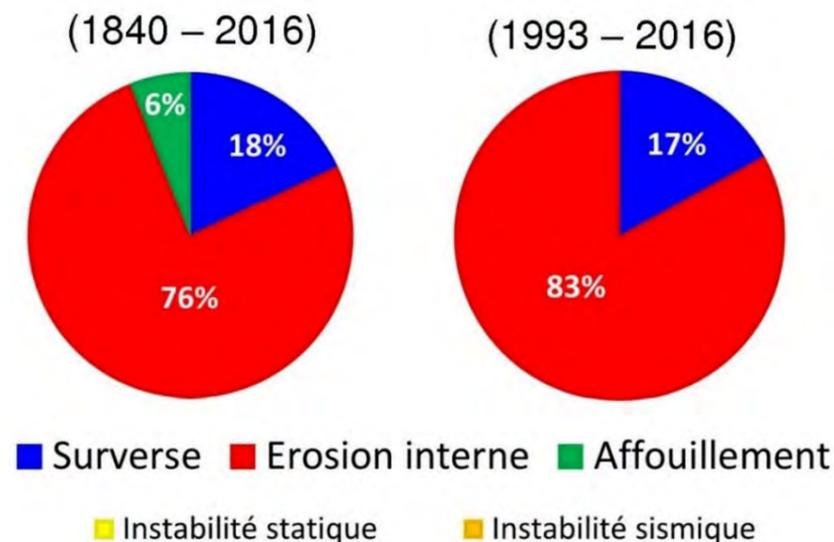


Figure 12. Cause des 114 brèches et départs de brèche par initiateur de rupture (source EDD Symadrem)

On constate que sur la période 1840-2016, 67 % des brèches ont été causées avant surverse. Cette proportion passe à 75 % sur la période 1993-2016. Si l'on englobe les départs de brèches dans l'analyse, le rapport passe à 83 % pour la période récente.

On retiendra que les digues du Delta du Rhône cèdent généralement bien avant que l'eau n'atteigne la crête les digues, ce qui rend aléatoire et imprévisible le risque d'inondation.

5.3 CONSEQUENCES DES BRECHES SUR LES ZONES PROTEGEES

Les inondations provoquées par les crues de novembre 1840, novembre 1841, novembre 1843, mai 1856 et plus récemment en octobre 1993, janvier 1994, novembre 2002 et décembre 2003 sont les événements les plus importants depuis le milieu du XIX^{ème} siècle.

La carte ci-après illustre les contours des inondations de 1840 et 1856 provoquées par le Rhône. Elle est suivie par une photo prise sur Tarascon par Edouard Balbus quelques jours après l'inondation par brèche de mai 1856

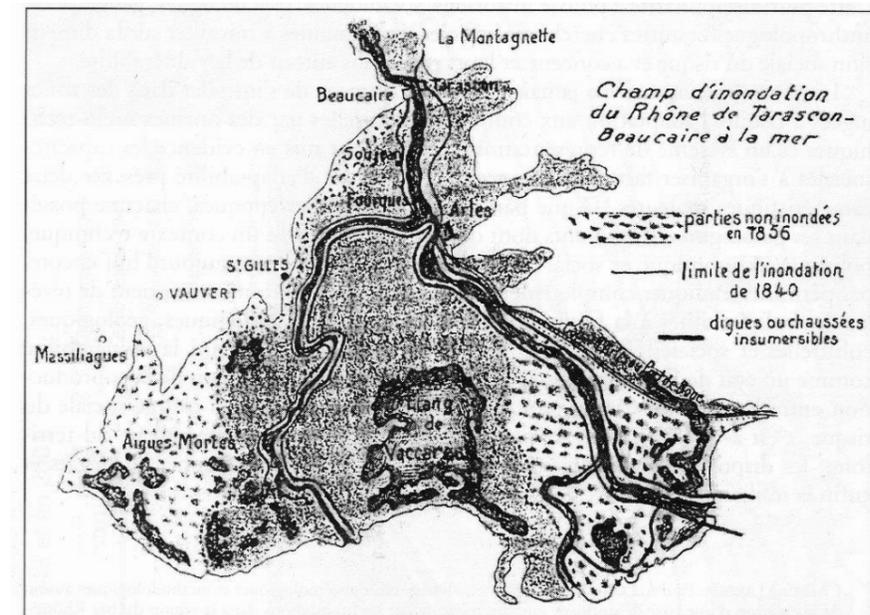


Figure 13. Inondations de 1840 et 1856 (source Pardé)



Figure 14. Tarascon 1856 (© E. Balbus et ©Ville de Tarascon)

Les volumes d'eau déversés par les brèches ont été évalués dans le cadre des études de dangers. Ils sont respectivement, pour les trois crues les plus importantes, les suivants :

Tableau 15. Volumes déversés lors des crues historiques de 1840, 1856 et 2003

Zone protégée	Nov. 1840	Mai 1856	Déc. 2003
Rive Droite	1 400 millions de m ³	300 millions de m ³	210 millions de m ³
Camargue Insulaire	800 millions de m ³	1 000 millions de m ³	Pas d'entrée d'eau du Rhône
Rive Gauche	> 600 millions de m ³	500 millions de m ³	17 millions de m ³
TOTAL	2 800 millions de m³	1 800 millions de m³	227 millions de m³

Et pour les crues de 1993, 1994 et 2002, les suivants :

Tableau 16. Volumes déversés lors des crues de 1993, 1994 et 2002

Zone protégée	Octobre 1993	Janvier 1994	Novembre 2002
Rive Droite	Pas d'entrée d'eau du Rhône	Pas d'entrée d'eau du Rhône	Inférieur à 2 millions de m ³
Camargue Insulaire	130 millions de m ³	60 millions de m ³	Pas d'entrée d'eau du Rhône
Rive Gauche	Pas d'entrée d'eau du Rhône	Pas d'entrée d'eau du Rhône	Pas d'entrée d'eau du Rhône
TOTAL	130 millions de m³	60 millions de m³	2 millions de m³

On ne dispose pas suffisamment d'information sur les crues de 1841 et 1843 pour faire une estimation du volume d'eaux déversées.

Les tableaux ci-après renseignent sur les côtes (en m NGF) de quelques laisses de crues relevées dans la zone protégée du delta pour les crues de 1840, 1843, 1856, 1993 et 1994.

Tableau 17. Laisses des crues de 1840 et 1856 en rive gauche du Rhône

Inondations du Rhône	Lieu	Cote relevée (m NGF)
Novembre 1840	Tarascon – Centre-ville	9,8 (d'après écrit)
	Mas de Parade	7,92
	Château de Barbegal	7,87
	Mas de Truchet	7,60 et 7,68
	Amont de l'aqueduc de Pont de Crau	7,71 et 7,83
Mai 1856	Tarascon – centre-ville	11,44 à 11,79
	Mas de Lucas	6,78
Décembre 2003	Mas neuf	7,93
	Mas de Parade	5,9
	Mas des Prêcheurs	5,6
	Plaine du Trébon	5,08 à 5,37
	Anciens marais d'Arles	2,79
	Le Petit Clar	2,08
	Pont Van Gogh	1,6 à 1,9

Tableau 18. Laisses des crues de 1840 et 1856 en rive droite du Rhône

Zone protégée	Lieu	Cote relevée (m NGF)
Novembre 1840	Beaucaire – rue nationale	7,01
	Fourques – Centre village	6,45
	Fourques – Mas de Marguerites et de Marsane	6,37 et 6,29
	Bellegarde – rue de Beaucaire	6,23
	Saint Gilles – quai canal et av. Anatole France	5,32 et 5,15
	Aigues Mortes - rempart	2,52
Mai 1856	Pas de laisses de crues recensées	
Décembre 2003	Fourques	3,5 à 3,6
	Bellegarde	3,3 à 3,5
	Saint-Gilles	2,9 à 3,1
	Abords écluse de Saint-Gilles	2,22 et 2,44
	Camargue gardoise	1,57 à 1,87 (deux supérieures à 2)

Tableau 19. Laisses des crues de 1840, 1843, 1856 et 1993 en Camargue Insulaire

Zone protégée	Lieu	Cote relevée (m NGF)
Novembre 1840	Mas des Bernacles	1,89 (3,30 autre relevé)
Novembre 1843	Mas de Bernacles	1,59
Mai 1856	Trinquetaille – avenue Edouard Herriot	6,26
	Mas de Bernacle	2,16
	Mas du Pont de Rousty	2,62
Octobre 1993	Mas du Pont de Rousty	2,42

Les photos ci-après illustrent et localisent quelques laisses de crues de l'inondation de 1840.



Photo 13. Laisses de l'inondation par brèches de novembre 1840 (Beaucaire et Fourques)



Photo 14. Laisses de l'inondation par brèches de novembre 1840 (Pont de Crau - Arles)



Photo 15. Laisses de l'inondation par brèches de novembre 1840 (St Gilles et Aigues-Mortes)



Photo 18. Laisses de l'inondation par brèches de mai 1856 (Mas de Lucas)

La comparaison de ces cotes permet de mesurer l'ampleur des inondations de 1840 et 1856 provoquées par la formation de brèches entre Beaucaire et Arles en comparaison avec celle de 2003 provoquée par des brèches dans les digues de protection des trémies du remblai ferroviaire et sur le Petit Rhône.



Photo 16. Laisses de l'inondation par brèches de novembre 1840 (Mas Bernacles et Parade)



Photo 19. Décembre 2003 - rupture des digues de protection des trémies SNCF à l'origine de l'inondation en rive gauche du Rhône (© SDIS13)

Les photos ci-après illustrent et localisent quelques laisses de crues de l'inondation de 1856.



Photo 17. Laisses de l'inondation par brèches de mai 1856 (Trinquetaille et Tarascon)



Photo 20. Brèches de Petite Argence (©photo-aerienne-france.fr) et de Claire Farine (© Bellegarde) à l'origine de l'inondation de la rive droite du Rhône



Etendue des inondations sur la basse vallée du Rhône et la Camargue
Image acquise par le satellite Spot 4 le 7 décembre 2003 - 20 m de résolution

Figure 15. Inondations de 2003 (image SPOT IGN)

La carte ci-après illustre l'inondation la zone protégée en octobre 1993 provoquée par la formation de brèches dans les digues du Petit Rhône rive gauche. Le volume d'eaux déversées a été estimé à environ 130 millions de m³. Une partie de ce volume, 51 millions de m³ a été rejeté dans le Rhône par les stations de pompage d'Albaron (PRG) et de Beaujeu (GRD). La plus grande partie s'est écoulée vers le canal de Rousty et l'Etang de Vaccarès. De là, cette eau a été évacuée à la Mer, en partie gravitairement par le pertuis de la Fourcade (28 millions de m³) et par pompage (44 millions de m³). Ces pompes effectués pour éviter l'inondation des Saintes-Maries-de-la-Mer ont nécessité l'installation de puissantes pompes d'une capacité totale d'environ 14 m³/s. Ils ont duré deux mois. L'image satellitaire et la photographie aérienne ci-après illustre l'ampleur de l'inondation.



Figure 16. Inondation du Rhône d'octobre 1993 – source Spot



Photo 21. Brèches de Casebrune et de Figarès en octobre 1993 (© SNRS)

En janvier 1994, le volume d'eaux déversées par les brèches de Beaumont et de Lauricet a été estimé à 60 millions de m³, ce qui est plus faible qu'en octobre 1993, mais s'explique par la décrue qui a été plus rapide et par l'importance des moyens d'interventions pour fermer la brèche de Beaumont.

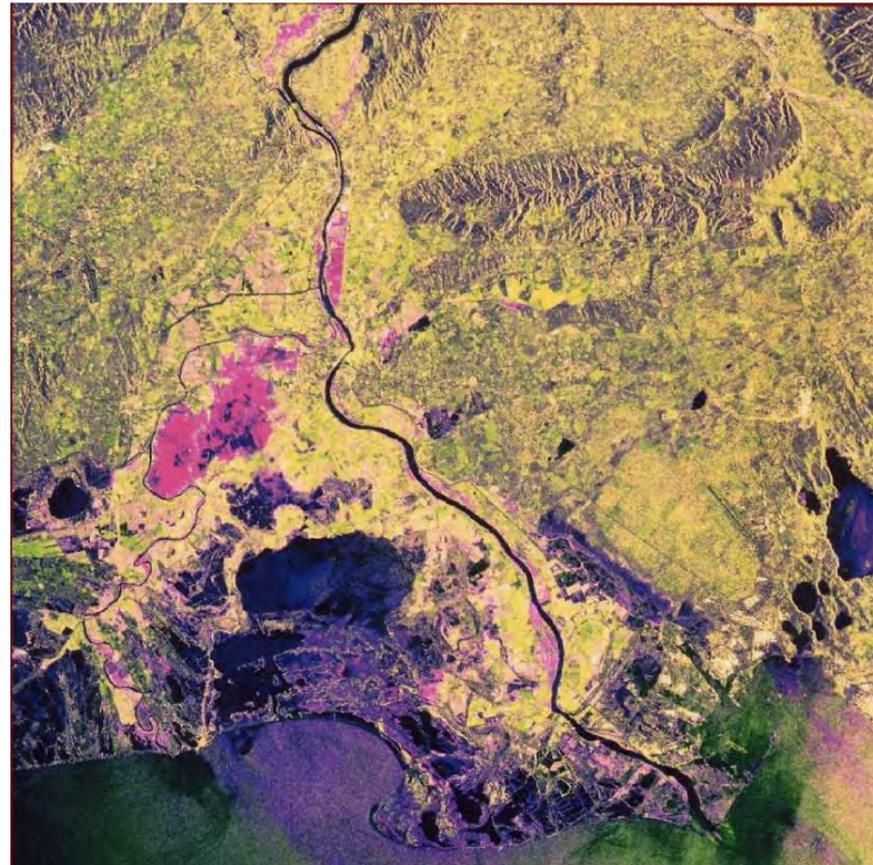


Figure 17. Inondation du Rhône de janvier 1994 – source SPOT



Photo 22. Brèches de Beauvent (© la Provence) et de Lauricet en janvier 1994 (©photo-aerienne-france.fr)

5.4 ENSEIGNEMENT DES CRUES PASSES

Depuis 1840, 9 crues ont donné lieu à inondation : 1840, 1841, 1843, 1856, 1993, 1994, 2002, 2003, 2016. L'inondation d'octobre 1841 a été causée par des brèches dans les réparations des brèches de novembre 1840. La crue de novembre 2016 légèrement en deçà d'une crue décennale a causé contre toute attente une petite brèche dans la digue du Petit Rhône rive gauche. Elle a pu être rapidement colmatée, compte tenu de la faible charge d'eau. Le volume d'eau libérée dans la zone protégée a été de 30 000 m³. Un mas a été inondé sous environ 50 cm. Cette brèche aurait pu être, compte tenu de ces caractéristiques, classée comme un départ de brèche au regard des départs de brèche passés mais nous avons préféré appliquer de manière doctrinaire les définitions préalablement posées pour l'étude accidentologique de l'étude de dangers.

La figure ci-dessous donne, pour la période 1816-2016, le débit de pointe maximum du Rhône par année glissante (du 1^{er} novembre de l'année n au 31 octobre de l'année n+1). Les crues ayant provoqué des inondations par brèche sont indiquées en couleur rouge. Seule manque la crue de 1841 qui s'est produite moins d'un an après celle de novembre 1840. Les classes de débits retenues pour la détermination des niveaux de protection sont indiquées.

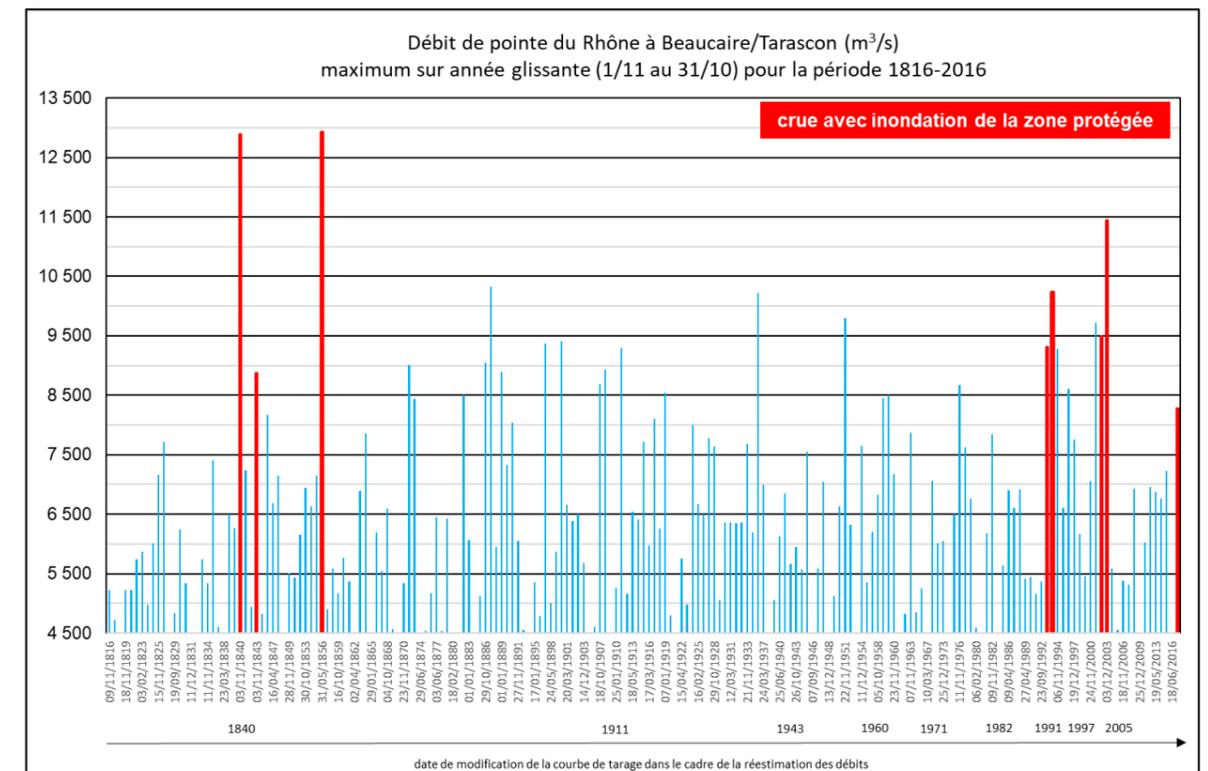


Figure 18. Crues max annuelles et inondations par brèche sur la période 1816-2016

Aucune inondation par lâcher d'eau n'a eu lieu pour un débit inférieur ou égal à 8300 m³/s, débit de la crue de novembre 2016. La crue suivante est celle d'octobre 1993 d'un débit de 9000 m³/s.

Le tableau ci-après donne par classe de débit, sur la base des observations passées, le nombre de crues et d'inondation du Rhône observées par classe de débit ainsi que la probabilité d'inondation par rupture observée. Il donne également la probabilité d'inondation retenue en tenant compte du débit de la première brèche (cf. tableau ci-après).

Tableau 20. Nombres de crues et d'inondations par classe de débit, probabilités calculées et retenues

Classe débit (m ³ /s)	Nombre de crues	Nombre d'inondations	Fréquence observée d'inondation	Probabilité d'inondation retenue
7 500 – 8 500	20	1	5 %	< 5 %
8 500 – 9 500	16	3	19 %	< 50 %
9 500 – 10 500	5	2	40 %	> 50 %
10 500 – 11 500	0	0	-	100 %
11 500 – 12 500	1	1	100 %	100 %
12 500 – 14160	2	2	100 %	100 %

Ce premier bilan permet d'avoir une première approche fréquentielle du risque d'inondation du Rhône en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon. Il est basé sur l'observation et ne tient donc pas compte ou partiellement, des travaux du plan Rhône et de l'état actuel des digues ainsi que des moyens de surveillance et d'intervention mis en place. Il est une photographie de la période écoulée et de la période en cours qui permet de comparer les probabilités de brèches calculées dans le cadre des études de dangers avec les probabilités observées.

Des probabilités d'inondation sont retenues à dire d'expert sur la base des fréquences observées et de notre retour d'expérience.

Le tableau ci-après indique le débit maximal de ces crues mais également le débit estimé lors de la formation de la première brèche, le nombre de brèches occasionnées, la largeur maximale et cumulée des brèches ainsi que les volumes de déversements dans la zone protégée et la part en % du volume déversé au travers des brèches sur le volume de crue contenu par les digues (au-dessus de 6 000 m³/s).

Tableau 21. Période 1840-2016 : Caractéristiques et conséquences des brèches

Crue	Débit (m ³ /s)	Période de retour (années)	Débit 1 ^{ère} brèche (m ³ /s)	Brèche (Nb.)	Largeur Brèche Max (m)	Largeur cumulée des brèches (m)	Volume Déversement (Millions m ³)	Volume déversé/ Volume crue (en %)
novembre 1840	13000	300	6500	18	480	2480	2800	72 %
mai 1856	12500	200	11000	9	500	1230	1800	82 %
octobre 1993	9000	15	8500	4	40	112	130	16 %
janvier 1994	10300	40	10000	2	65	100	60	4 %
novembre 2002	9400	20	9400	1	15	15	1,6	0 %
décembre 2003	11500	100	10500	4	130	266	227	23 %
novembre 2016	8300	10	8000	1	3	3	0,03	0 %

Le tableau précédent donne également le rapport du volume déversé au travers des brèches sur le volume des crues contenu par les digues, qui correspond au volume calculé quand le débit est supérieur à la cote du pied de digue amont, soit un débit d'environ 6 000 m³/s qui correspond à la crue biennale. Ce rapport a été d'environ de 1/4 en décembre 2003 contre 3/4 en 1840 et 1856.

La figure ci-après illustre la parfaite corrélation entre la largeur cumulée de brèches et le volume de déversement au travers des brèches et leur évolution exponentielle en fonction du débit du Rhône en amont du delta. L'évolution très sensible de ces deux indicateurs au-delà du débit de 11500 m³/s s'explique par le fait qu'en 1840 et 1856, la quasi-totalité des brèches a été occasionnée sur le Rhône entre Beaucaire et Arles, alors que l'ensemble des brèches sur la période récente a été observé sur le Petit Rhône qui ne prend que 12 % du débit total en fonctionnement sans brèche et de l'ordre de 20 % quand des brèches se produisent sur le Petit Rhône (ce qui est dû à l'appel de débit lié à l'abaissement de ligne d'eau causé par les brèches).

En décembre 2003, les digues du Rhône étaient en limite de rupture comme en attestent les débuts de surverse contenus au droit de la station BRL en rive droite et les infiltrations dans le ballast du remblai ferroviaire en rive gauche. Le sinistre de 2003 aurait très bien pu se transformer en catastrophe comparable aux catastrophes de 1840 et 1856 avec un surplus de débit de crue de quelques centaines de m³/s.

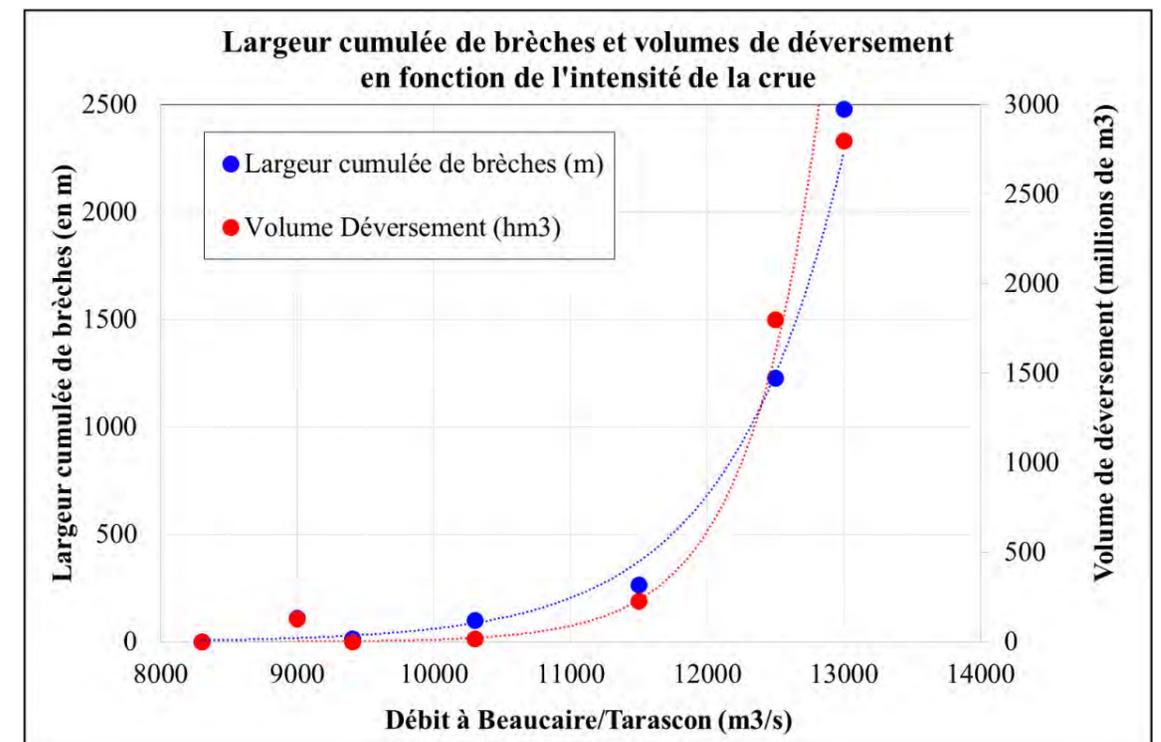


Figure 19. Largeur cumulée de brèches et volume de déversement en fonction du débit du Rhône

5.5 SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT HISTORIQUE

A partir des laisses de crues et des différentes modélisations des scénarios d'inondation, nous avons reconstitué le fonctionnement observé respectivement :

- en octobre 1993, pour un débit estimé à 9 300 m³/s,
- en novembre 2002, pour un débit estimé à 9 500 m³/s,
- en janvier 1994, pour un débit estimé à 10 300 m³/s,
- en décembre 2003, pour un débit estimé à 11 500 m³/s,
- en mai 1856, pour un débit estimé à 12 500 m³/s,
- en novembre 1840, pour un débit estimé à 13 000 m³/s,

Les cartes de ces six crues avec inondation de la zone protégée figurent en **annexe 1**. L'aléa dans la zone protégée est donnée selon la légende suivante partagée avec les services de secours. La localisation des brèches et départs de brèches pour ces événements figure également.

Tableau 22. Classes de hauteur d'eau dans la zone protégée

Couleur	Hauteur d'eau	Interventions et risques associés	Dangerosité des venues d'eau selon arrêté EDD
	0 m	Aucune venue d'eau	Peu dangereuses
	0 – 0,3 m	circulation engins secours possible	
	0,3 – 0,5 m	circulation engins secours difficile	
	0,5 – 1 m	circulation engins secours très difficile	dangereuses
	1 – 2 m	risque de décès augmente	
	2 – 4 m	risque de décès fort	Très dangereuses
	Sup. à 4 m	risque de décès très fort	

Les cotes d'inondation sont données par intervalle de 25 cm, compte tenu de l'ensemble des incertitudes. Il semble en effet illusoire de donner une précision supérieure compte tenu des incertitudes des paramètres d'entrée des modélisations (durée de la crue, largeur des brèches, localisation des brèches, niveau marin, précision de topographie) et des paramètres non modélisés (effet du vent wind sep up et run-up) qui peuvent non négligeables, quand les hauteurs d'eau dans la zone protégée sont significatives.

Les volumes de déversement par les brèches (ne sont pas pris en compte les surverses sans brèche en aval de Sylvéreal) figurent également avec l'estimation du montant des dommages, selon le guide AMC de 2018 du CGEDD.

Sur la base des inondations historiques, la figure ci-dessous illustre l'évolution du volume de déversement des brèches et le montant des dommages dans la delta en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon. On constate l'évolution exponentielle de ces deux paramètres. La figure, qui suit, illustre l'évolution du nombre de sinistrés, si ces inondations venaient à se reproduire actuellement, en distinguant le nombre de personnes dans les zones de venues d'eau respectivement peu dangereuses (H < 1 mètre), dangereuses (1 < H < 2 mètres) et très dangereuses (H > 2 mètres).

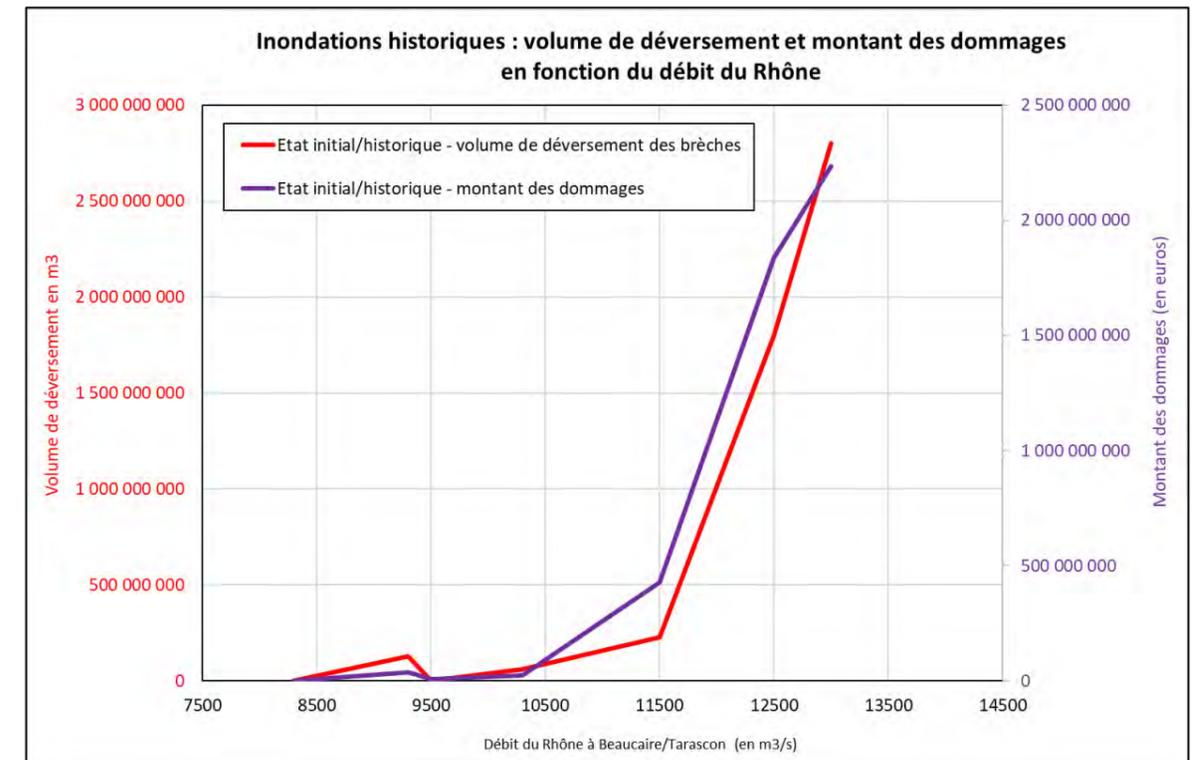


Figure 20. volume de déversement et montant des dommages en fonction du débit du Rhône

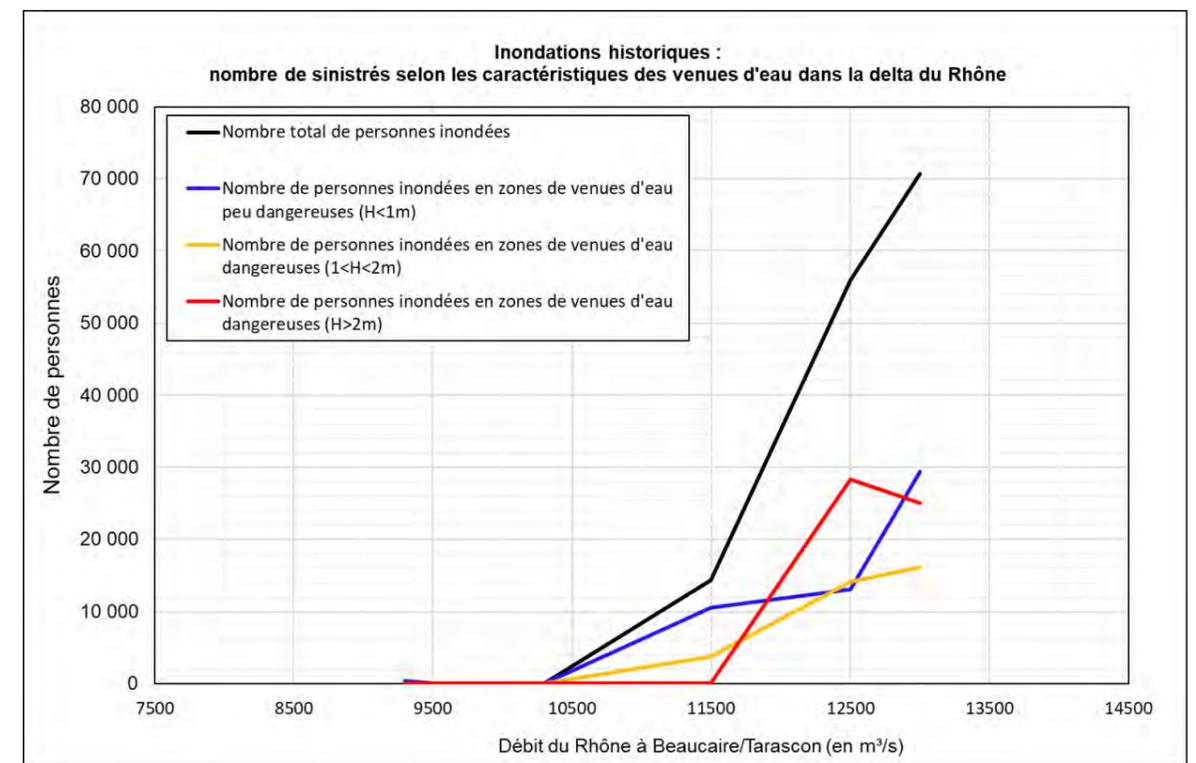


Figure 21. nombre de sinistrés et de personnes en danger en fonction du débit du Rhône

en octobre 1993, le nombre de personnes inondées est estimé à 363, dont :

- 356 exposées à des venues d'eau peu dangereuses ;
- 7 exposées à des venues d'eau dangereuses ;
- 0 exposées à des venues d'eau très dangereuses.

en novembre 2002, le nombre de personnes inondées est estimé à 2, dont :

- 2 exposées à des venues d'eau peu dangereuses ;
- 0 exposées à des venues d'eau dangereuses ;
- 0 exposées à des venues d'eau très dangereuses.

en janvier 1994, le nombre de personnes inondées est estimé à 55, dont :

- 55 exposées à des venues d'eau peu dangereuses ;
- 0 exposées à des venues d'eau dangereuses ;
- 0 exposées à des venues d'eau très dangereuses.

en décembre 2003, le nombre de personnes inondées est estimé à 14 375, dont :

- 10 519 exposées à des venues d'eau peu dangereuses ;
- 3 808 exposées à des venues d'eau dangereuses ;
- 48 exposées à des venues d'eau très dangereuses.

Si une inondation type mai 1856 venait à se reproduire, le nombre de personnes inondées serait estimé à 55 923, dont :

- 13 043 exposées à des venues d'eau peu dangereuses ;
- 14 109 exposées à des venues d'eau dangereuses ;
- 28 326 exposées à des venues d'eau très dangereuses.

Si une inondation type novembre 1840 venait à se reproduire, le nombre de personnes inondées serait estimé à 70 653, dont :

- 29 432 exposées à des venues d'eau peu dangereuses ;
- 16 146 exposées à des venues d'eau dangereuses ;
- 25 074 exposées à des venues d'eau très dangereuses.

6 NIVEAUX DE PROTECTION ET FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES

La détermination des niveaux réglementaires de protection des sous zones protégées a nécessité plusieurs étapes résumées ci-après :

- le rappel des définitions réglementaires ;
- la définition de concepts techniques ;
- la détermination des différents scénarios d'inondation en provenance des digues possibles ;
- la représentation du fonctionnement des digues en fonction de leur conception ;
- la détermination des probabilités de brèche par tronçons de digue ;
- la détermination des niveaux caractéristiques qualifiés respectivement de sûreté, de protection, de danger et de submersion des ouvrages ;
- la modélisation des scénarios d'inondation pour différents débits de crue ;
- la détermination des niveaux de protection des zones protégées.

6.1 DEFINITIONS REGLEMENTAIRES

Le niveau de protection d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine assuré par un système d'endiguement est défini réglementairement par l'article R.214-119-1 du Code de l'Environnement, qui stipule :

« le niveau de protection d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine assuré par un système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 ou par un aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 est déterminé par la hauteur maximale que peut atteindre l'eau sans que cette zone soit inondée en raison du débordement, du contournement ou de la rupture des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer. Lorsque la taille et les caractéristiques de la zone exposée le justifient, plusieurs niveaux de protection peuvent être déterminés, chacun étant associé à une partie délimitée de la zone protégée. «Le niveau de protection d'un système d'endiguement ou d'un aménagement hydraulique est apprécié au regard soit d'un débit du cours d'eau en crue considéré ou d'une cote de niveau atteinte par celui-ci, soit d'un niveau marin pour le risque de submersion marine ».

L'arrêté du 30 septembre 2019 modifiant l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions a cadré réglementairement certains concepts

Ainsi il est dit dans la partie 8 de l'annexe à l'arrêté :

« Le scénario 1 est celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».

« Le scénario 3 est représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % »

Et partie 10.2. :

« Elles représenteront, selon un code couleur approprié:

1. *Les parties de territoires susceptibles d'être affectées par des venues d'eau non dangereuses ou peu dangereuses;*
2. *Les parties de territoires susceptibles d'être affectées par des venues d'eau dangereuses. Sont réputées dangereuses les venues d'eau telles que la hauteur d'eau atteint au moins 1 mètre ou le courant au moins 0,5 mètre par seconde;*
3. *Les parties de territoires où les venues d'eau peuvent être particulièrement dangereuses en raison de l'existence de points bas ou d'un «effet cuvette» ou de l'existence d'une zone de dissipation d'énergie importante ».*

6.2 DEFINITIONS TECHNIQUES

La détermination du niveau de protection réglementaire, d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine assuré par un système d'endiguement, nécessite l'évaluation préalable d'autres niveaux, qui ne sont pas définies réglementairement. Il s'agit des niveaux de protection, de sûreté, de danger et de submersion des digues constituant le système d'endiguement. Ces derniers sont définis comme ci-dessous :

Le niveau de protection d'un ouvrage correspond au niveau à partir duquel des entrées d'eau en provenance de l'ouvrage doivent être prises en compte dans la zone protégée (scénario n°1 de l'arrêté EDD 2017 modifié). Ces entrées d'eau peuvent s'effectuer par brèche ou par surverse sur les digues (cas d'un déversoir de sécurité ou d'une digue résistante à la surverse). Ce niveau est confondu avec le niveau de sûreté infra, quand la digue n'est pas résistante à la surverse ou quand la probabilité de brèche est supérieure à 5 % au moment des premiers débordements sur les tronçons de digue affichés comme « résistants à la surverse ». Ce niveau est donc la valeur minimale entre les niveaux respectivement de sûreté et de submersion définis ci-après.

Le niveau de sûreté d'un ouvrage correspond au niveau à partir duquel des entrées d'eau par brèche doivent être considérées. Il correspond à une probabilité résiduelle de rupture au plus de 5 %, conformément à l'arrêté précité.

Le niveau de danger d'un ouvrage correspond à une probabilité de brèche de 50 %. Ce niveau va permettre de définir le scénario dit n°3 défini dans l'arrêté susvisé pour permettre aux services, en charge des secours aux personnes, de préparer la gestion de crise. Pour les systèmes d'endiguement neufs ou sécurisés dans les règles de l'art comportant des digues résistantes à la surverse, cette probabilité n'est en général pas atteinte au moment du déversement sur les digues non renforcées au déversement. Dans ce cas, le niveau de danger est retenu comme étant le niveau de crue correspondant à la submersion des digues non renforcées au déversement.

Le niveau de submersion d'un ouvrage correspond à l'atteinte par le cours d'eau du niveau de la crête de digue.

Pour l'évaluation des risques dans la zone protégée, on retiendra les 2 niveaux suivants :

- Le niveau de protection des personnes résidant dans une zone protégée. Il correspond au niveau de protection défini réglementairement par l'article R.214-119-1 du Code de l'Environnement. Il correspond à la situation « pieds secs » ;
- Le niveau de sécurité des personnes résidant dans une zone protégée correspond aux situations de venues d'eau peu dangereuses (1^{er} niveau), dangereuses (2^{ème} niveau) et très dangereuses (3^{ème} niveau).

Conformément à l'arrêté précité, les zones de venues d'eau non dangereuses correspondent à des hauteurs d'eau inférieures à 1 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s ; et les zones de venues d'eau dangereuses à des hauteurs d'eau supérieures à 1 m ou des vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s. Les zones de venues d'eau très dangereuses non quantifiées réglementairement correspondent aux hauteurs d'eau supérieures à 2 m ou vitesse d'écoulement supérieures à 1 m/s.

La figure ci-dessous illustre cette caractérisation des venues d'eau au sein de la zone protégée

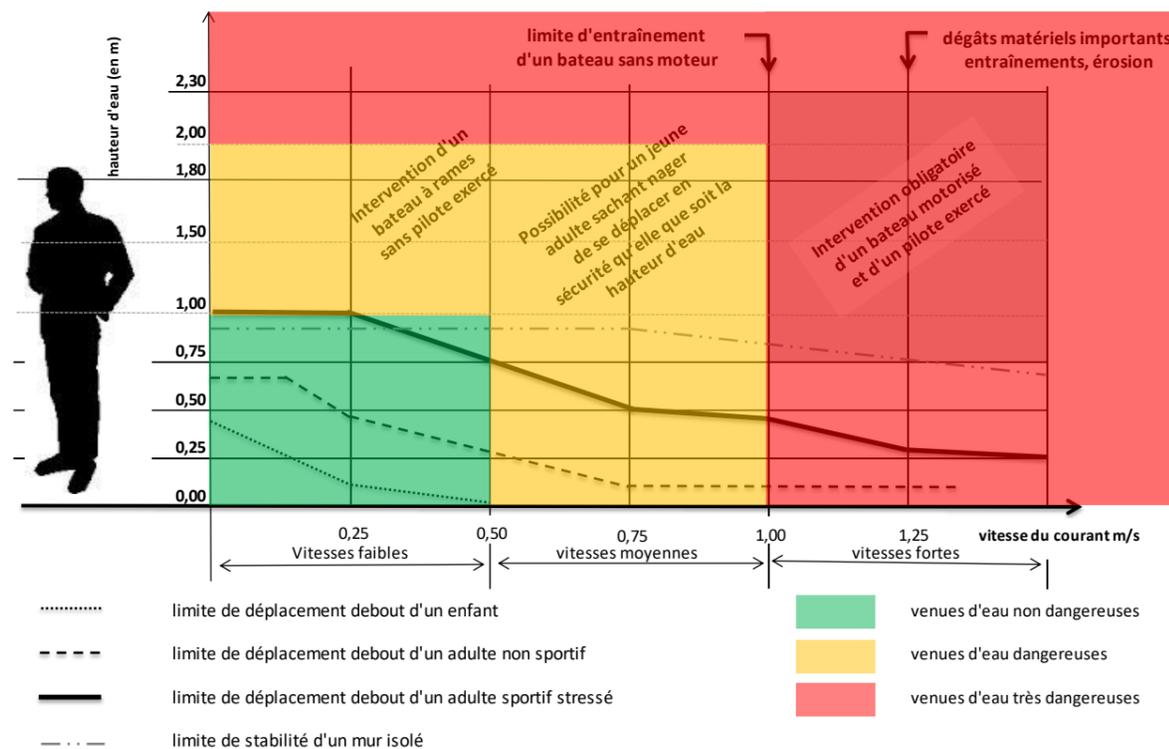


Figure 22. Caractérisation des venues d'eau en fonction de la hauteur et la vitesse des écoulements

6.3 SCENARIOS D'INONDATION PRIS EN COMPTE

Quatre scénarios d'inondation en provenance du système d'endiguement ont été abordés. Trois concernent les risques incrémentaux (également qualifiés de technologiques, bien que ce qualificatif ne soit pas utilisé en France pour ce type d'ouvrage) induits par la présence même de la digue : la brèche avant surverse ; la brèche après surverse et la défaillance d'organes de fermeture des ouvrages traversants. Un scénario traite du risque lié à une inondation, qui serait équivalente, en termes de propagation, à celle causée en l'absence de digue : la surverse sans brèche (risque naturel). C'est la prise en compte de ces quatre scénarios d'inondation et du risque associé, qui a permis de déterminer et quantifier les niveaux de protection des sous-zones protégées et le niveau de sécurité des populations au-delà du niveau de protection.

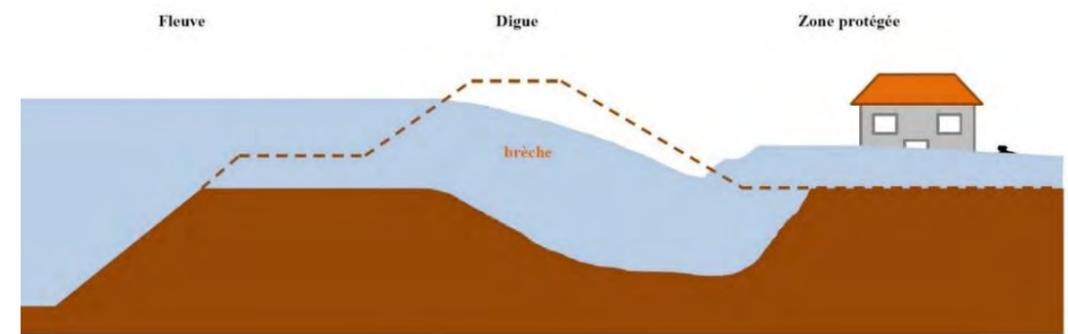


Figure 23. Brèche avant surverse

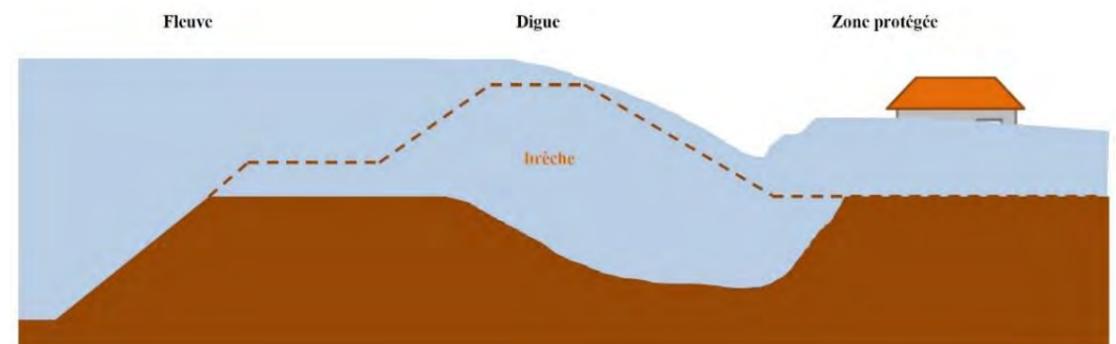


Figure 24. Brèche après surverse

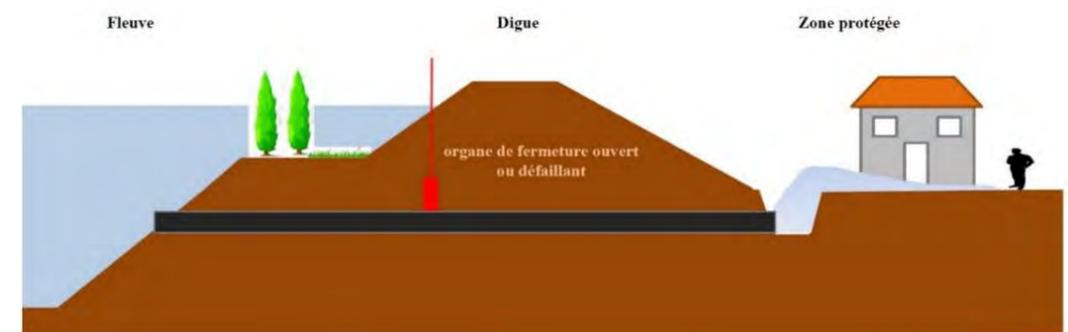


Figure 25. Défaillance d'un ouvrage hydraulique traversant

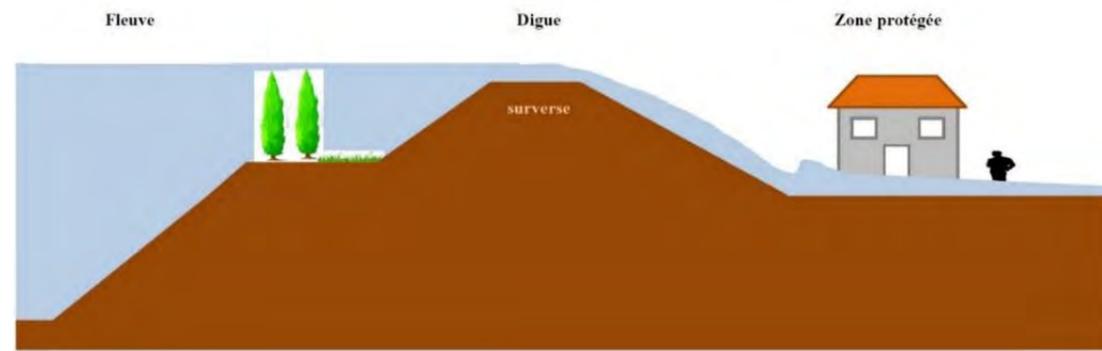


Figure 26. Surverse sans brèche

6.4 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT

Dans le cas des systèmes d'endiguement fluviaux du delta du Rhône, deux types de fonctionnement doivent être pris en compte :

- le fonctionnement des parties de système d'endiguement, qui ont été sécurisées et dotées d'une digue résistante à la surverse calée pour contenir les crues centennales (réalisée) ou cinquanteennales (en projet) du Rhône. Le niveau de sûreté des ouvrages correspond à une crue de période de retour 800/1000 ans. Les entrées d'eau à considérer jusqu'à la crue exceptionnelle sont des surverses sans brèche. Le risque de brèche est suffisamment faible (inférieure à 5 %) pour ne pas être pris en compte jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône.
- le fonctionnement des parties de système d'endiguement, constituées de digues d'origine, ne disposant pas de tronçon résistant à la surverse, jusqu'aux prochaines phases de confortement. Les entrées d'eau sur cette partie du système peuvent intervenir par brèche. Le niveau de sûreté des ouvrages se confond avec le niveau de protection.

Le fonctionnement des parties non sécurisées du système d'endiguement est binaire :

- tant que le niveau du Rhône est inférieur au niveau de protection des ouvrages égal ici au niveau de sûreté, on considère qu'il n'y a pas d'entrées d'eau dans la zone protégée en provenance du système d'endiguement. La probabilité de brèche avant surverse est inférieure au seuil réglementaire de 5 %,
- quand le niveau du Rhône est supérieur au niveau de protection des ouvrages, la probabilité de brèche avant surverse augmente sensiblement avec l'intensité de la crue. des entrées d'eau par brèche avant surverse sont considérées.

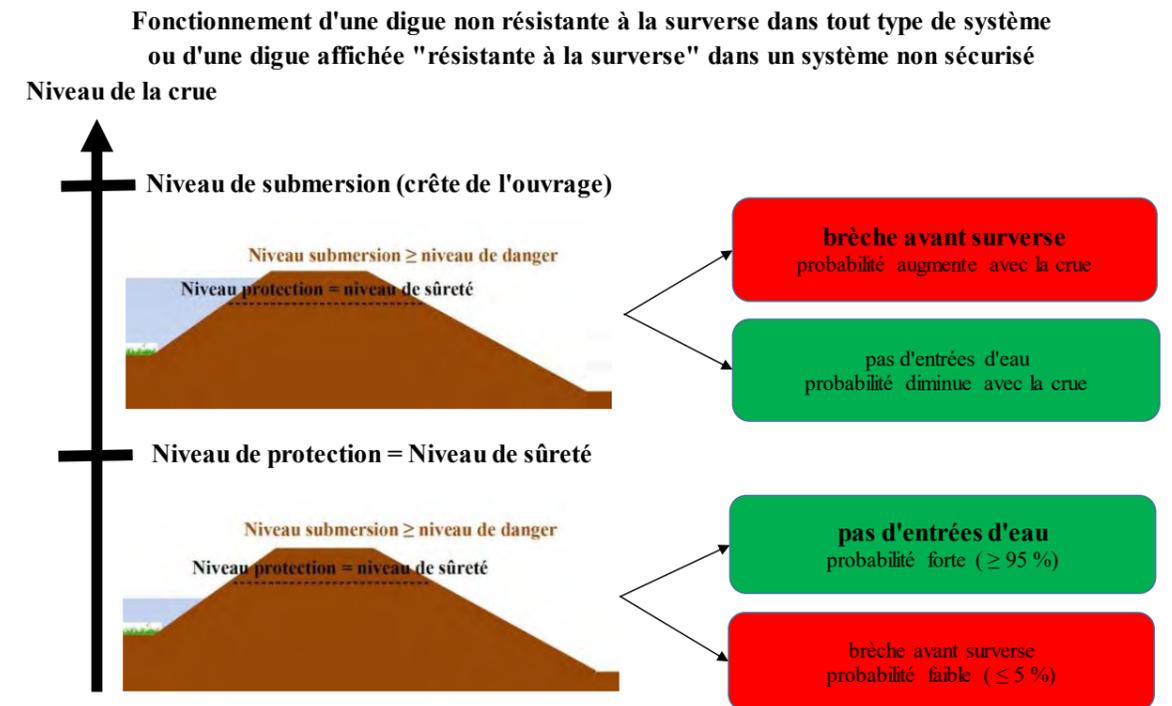


Figure 27. Fonctionnement d'un système non sécurisé sans digue résistante à la surverse

Ce type de fonctionnement est dangereux pour la sécurité des populations, car il est imprévisible et aléatoire. Il est imprévisible car la formation de brèche peut intervenir dès le dépassement du niveau de protection, soit pour des crues d'occurrence de 5 ans et de manière quasi certaine avant l'atteinte du niveau de submersion soit pour des crues d'occurrence rare (50 ou 100 ans) à exceptionnelle (1000 ans). Entre la crue de sûreté et la crue de danger, les habitants de la zone protégée peuvent avoir une impression de sécurité, alors même que la cote de sûreté a été dépassée et que les ouvrages sont sollicités au-dessus de leur dimensionnement.

Il est aléatoire, car la formation de brèche peut démarrer à n'importe quel endroit, ce qui sur un système d'endiguement aussi étendu que celui du Delta du Rhône rend la gestion des secours très difficile, pour ne pas dire hasardeuse. La figure en page suivante illustre la localisation historique des brèches et des départs de brèche depuis 1840.

Par ailleurs, la brèche génère une vague et des vitesses très importantes qui ne permettent pas, dans la bande de sécurité et même au-delà, le déplacement des personnes.

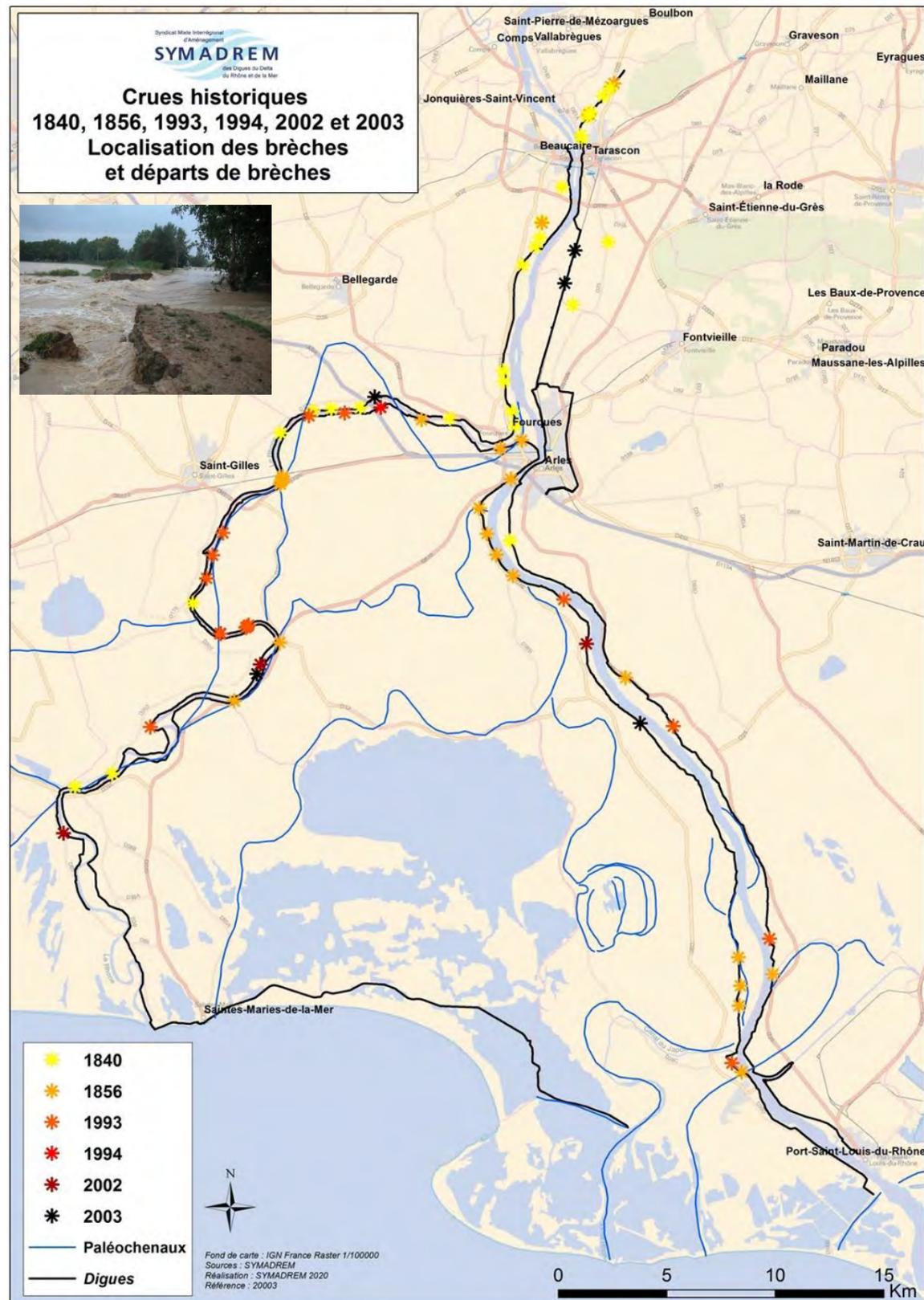


Figure 28. Localisation des brèches et des départs de brèche de 1840 à 2003

Le fonctionnement des parties des systèmes d'endiguement sécurisées dans le cadre du plan Rhône est conforme à l'objectif du programme de sécurisation. Cet objectif est de construire un système, dont la probabilité annuelle de brèche est inférieure au seuil d'acceptabilité (10^{-4}) et qui comporte des tronçons de digues résistant à la surverse. Ces digues résistantes à la surverse sont envisagées sur chaque bras du Rhône.

Le fonctionnement de ce type système, illustré ci-après s'opère en trois étapes :

1. tant que le niveau du Rhône est inférieur au niveau de protection, il n'y a pas d'entrées d'eau dans la zone protégée en provenance du système d'endiguement. La probabilité de brèche avant surverse sera inférieure au seuil réglementaire de 5 % et le risque d'entrée d'eau par défaillance des organes de fermeture des ouvrages traversants à un niveau acceptable au regard des enjeux ;
2. quand le niveau du Rhône est supérieur au niveau de protection mais inférieur au niveau de sûreté, des déversements contrôlés se produisent sur la digue résistante à la surverse. La probabilité de brèche après surverse est inférieure au seuil réglementaire de 5 % et le risque de défaillance des organes de fermeture des ouvrages hydrauliques traversants à un niveau acceptable au regard des enjeux ;
3. quand le niveau du Rhône est supérieur au niveau de sûreté, les entrées d'eau ne sont plus considérées comme « contrôlées ». La probabilité de brèche après surverse augmente sensiblement avec l'intensité de la crue. La probabilité d'occurrence de ce type d'événement et sa cinétique sont suffisamment faibles pour rendre le risque acceptable au regard des enjeux.

Au contraire du fonctionnement précédent, le fonctionnement de ce type de système est qualifié de sécurisé. La probabilité de brèche avant surverse est suffisamment faible pour être écartée, moyennant surveillance du SYMADREM. Les zones de premiers débordements et la cinétique de propagation des crues déversantes sont connues à l'avance, ce qui permet d'organiser de manière prévisible la mise en sécurité des personnes et des biens et les secours. Par ailleurs, les vitesses en aval des secteurs déversants sont très rapidement faibles ($< 0,5$ m/s).

La figure ci-après localise les digues résistantes à la surverse envisagées dans le programme de sécurisation.

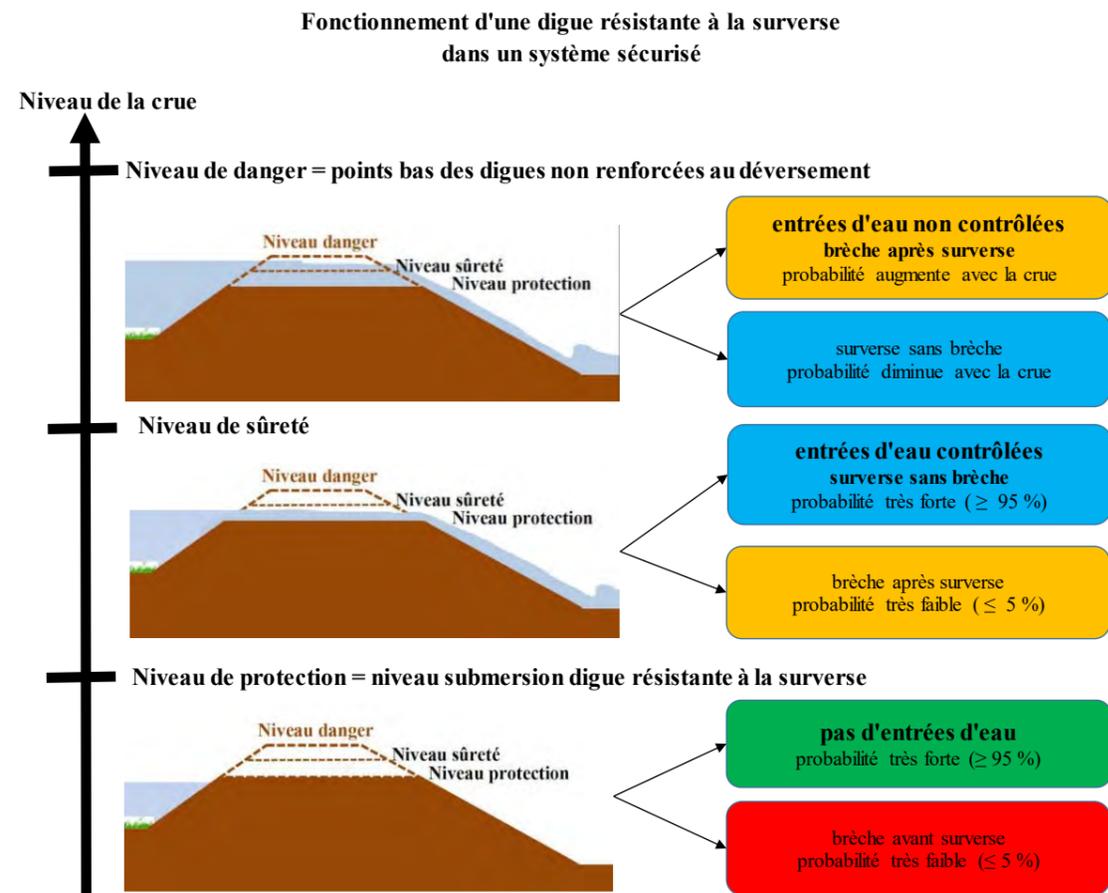


Figure 29. Fonctionnement d'un système sécurisé avec digue résistante à la surverse

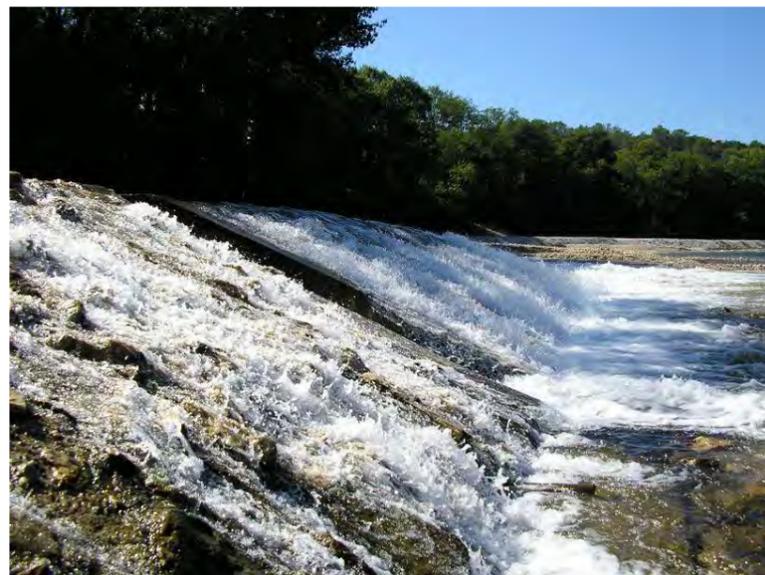


Photo 23. Surverse sans brèche

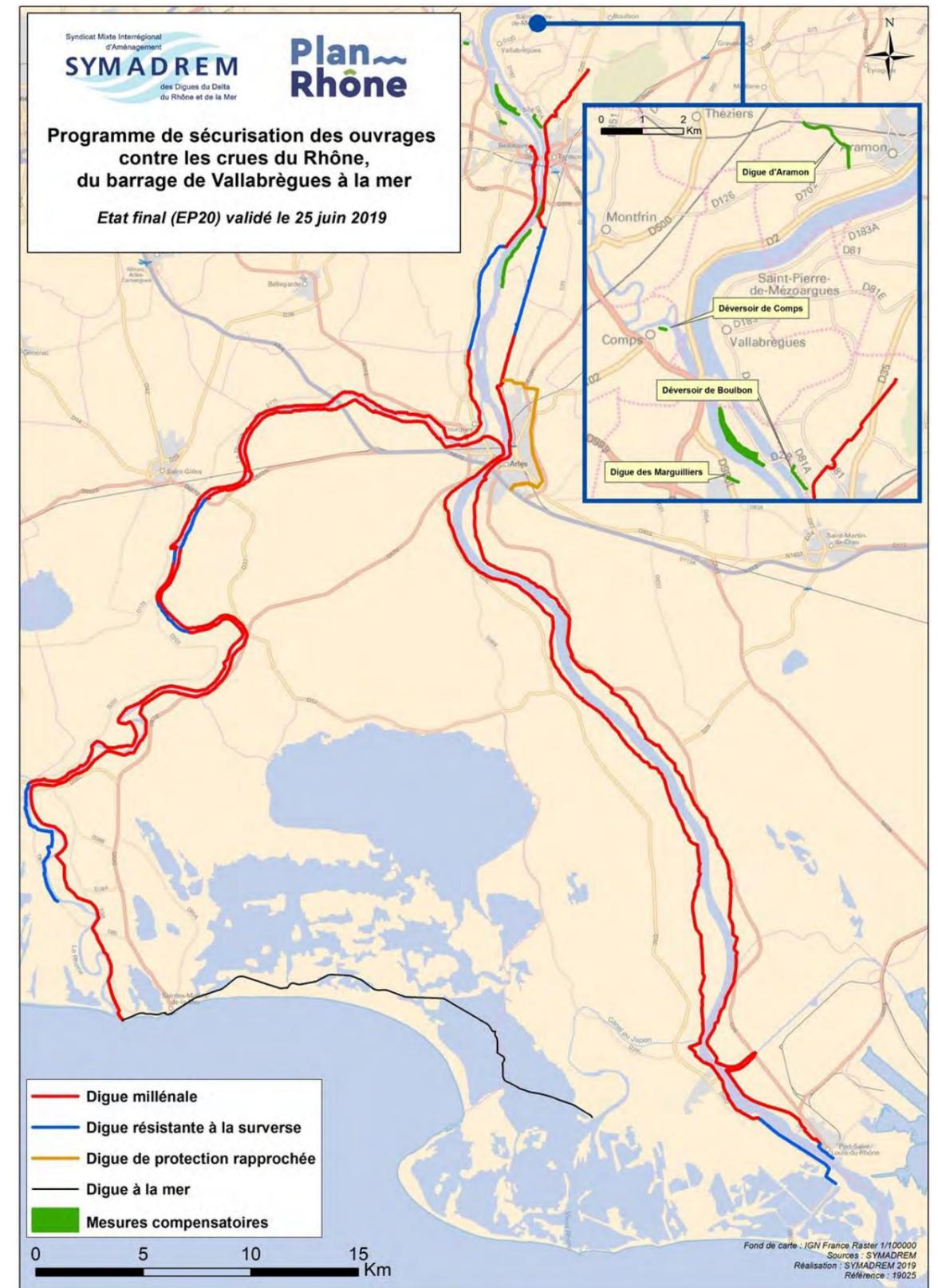


Figure 30. Programme de sécurisation du SYMADREM

6.5 SCENARIOS DE BRECHES ETUDIES ET EVALUES

La détermination des niveaux de sûreté, de protection et de danger nécessite l'évaluation préalable de la probabilité de brèche.

13 scénarios de brèche ont été définis en fonction du retour d'expériences des crues passées, des investigations géotechniques et de l'état de l'art actuel.

Tableau 23. Identification des différents scénarios de brèches

N° scénario	Modes de rupture initiateurs	Libellé du scénario de brèche
1	Claquage hydraulique + Erosion de conduit	Claquage hydraulique d'un terrier de blaireau partiellement colmaté et érosion de conduit
2	Erosion de conduit	Erosion de conduit dans un vide le long d'un ouvrage hydraulique traversant
3	Erosion de conduit	Erosion de conduit dans une racine d'arbre mort
4	Erosion de conduit	Erosion de conduit dans une fissure traversante
5	Soulèvement hydraulique + Erosion régressive	Claquage hydraulique d'une couche de sol cohésive surplombant une couche de sable et érosion régressive de cette dernière
6	Claquage hydraulique + Erosion de contact	Claquage hydraulique du masque étanche et érosion de contact le long d'une couche de graviers
7	Claquage hydraulique + Suffusion interne	Claquage hydraulique du masque étanche et suffusion de couche de grave englobée dans la digue
8	Surverse	Surverse sur la digue
9	Affouillement de pied	Affouillement en pied amont de la digue
10	Glissement	Glissement du talus aval en crue
11	Glissement	Glissement du talus amont en crue
12	Mécanique	Stabilité mécanique des ouvrages hors glissement, claquage hydraulique et soulèvement du pied aval
13	Mécanique	Stabilité des parapets et batardeaux

Onze de ces treize scénarios de brèche sont illustrés et décrits succinctement ci-après.

Le scénario n°1 est relatif à des infiltrations dans un terrier de blaireau. Ces infiltrations conduisent à une érosion des matériaux de la digue. L'érosion liée à l'écoulement agrandit rapidement le conduit créé par le blaireau jusqu'à la formation de la brèche. Ce scénario est le plus dangereux des scénarios envisagés. Il a été la cause de nombreuses brèches lors des crues historiques du XIX^{ème} siècle notamment en mai 1856 et lors des crues récentes de 1993, 1994, 2002 et 2016. Les terriers de blaireaux sont facilement détectables. Une dizaine de terriers est détectée chaque année et des réparations spécifiques sont réalisées. Elles consistent à ouvrir la digue, purger les terriers et reconstruire l'ouvrage dans les règles de l'art. Ce risque est bien maîtrisé par le SYMADREM. Le véritable danger vient plutôt des anciens terriers actuellement non visibles, qui n'ont pas été purgés en intégralité. En crue, les infiltrations mettent progressivement en charge le terrier et le bouchon de terre situé côté zone protégée claqué soudainement sous la pression. La charge est telle que l'érosion du terrier est très rapide et les capacités d'intervention quasiment nulles. La figure ci-dessous illustre ce scénario. Elle est suivie par les photos d'une expérience réalisée en

Norvège en 2001 qui illustre les différentes étapes de formation de la brèche, depuis la fuite jusqu'à la ruine de la digue et de l'expérience vécue en Camargue en octobre 1993 à Figarès.

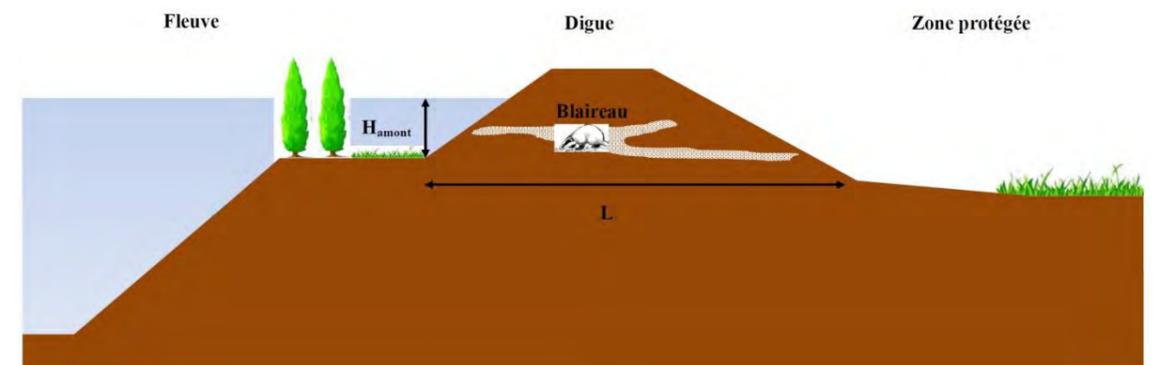


Figure 31. Scénario de brèche n°1 : claquage hydraulique d'un terrier partiellement colmaté et érosion de conduit



Figure 32. (exposé S. Bonelli - 6^{ème} International Conference of Scour and Erosion – Paris 2012)

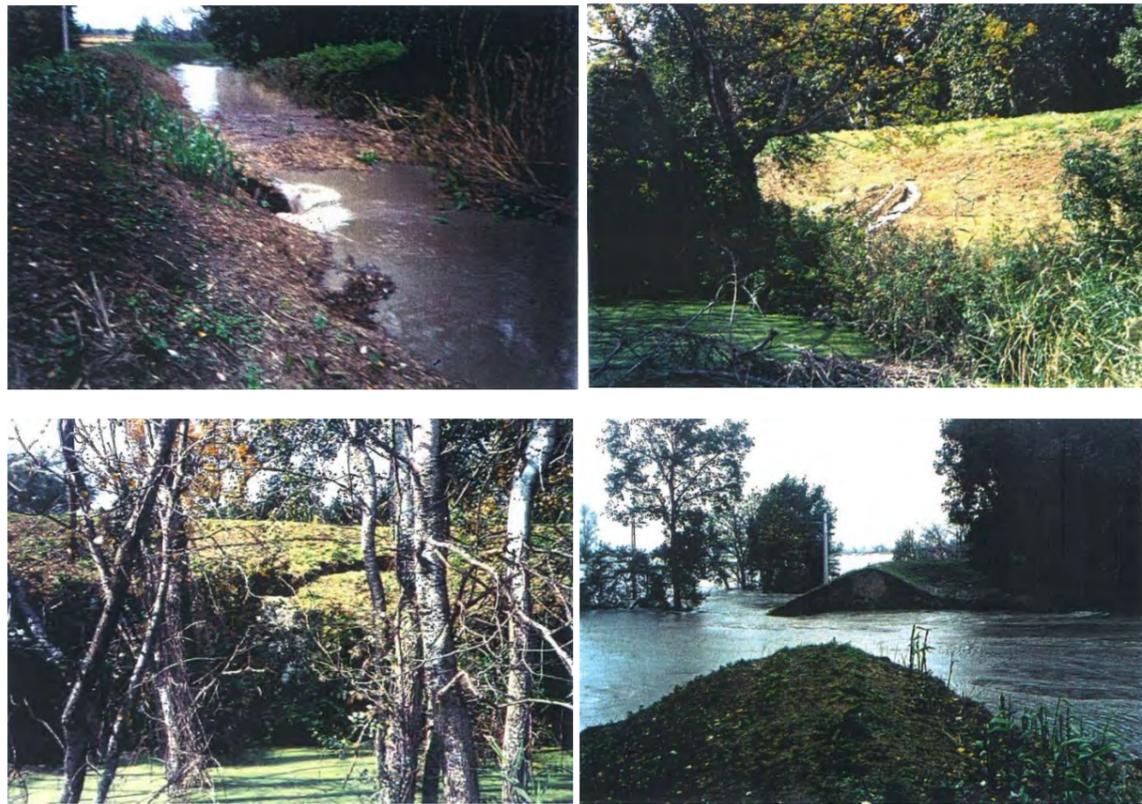


Photo 24. Figarès 1993 : Différentes étapes de formation de la brèche

Le scénario n°2 est relatif au même phénomène physique mais dans un conduit de diamètre beaucoup moins important (au maximum 3 cm). Ce conduit, c'est le vide qui peut exister entre une canalisation traversante et le remblai de la digue. Ce vide peut être lié à un mauvais compactage, à des mouvements de sols ou des fuites dans la canalisation, qui auraient entraîné les matériaux. Ce scénario a été à l'origine de brèches en 1993. En novembre 2002 et en décembre 2003, il a pu être maîtrisé grâce à la surveillance du SYMADREM. Il est illustré dans les figures et photos ci-après.

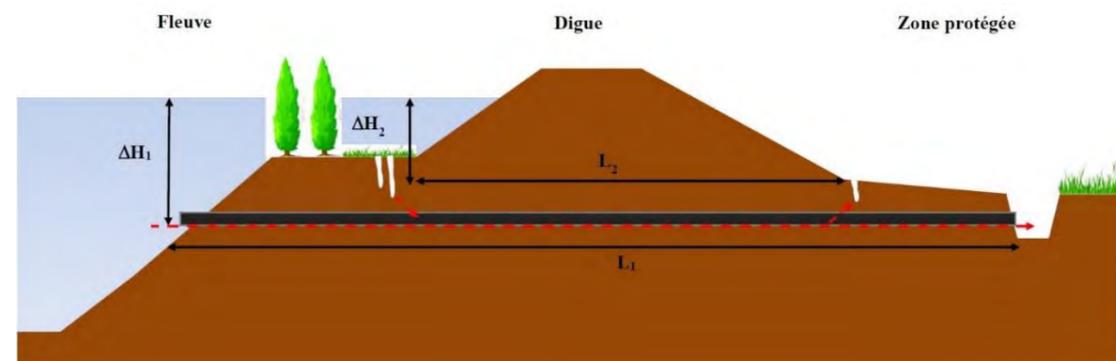


Figure 33. Scénario n°2 : brèche le long d'une canalisation traversante – Casebrune Octobre 1993

Le scénario n°3 est également lié au même phénomène. Les conduits sont issus de racines mortes. Ces racines mortes peuvent apparaître dans le cas d'un abattage d'arbres sans purge de la souche. Elles peuvent apparaître naturellement lors du cycle de vie d'un arbre. La probabilité d'apparition de ce scénario va être d'autant plus grande qu'on soit en présence d'arbres sur le talus ou en pied, qu'on soit en présence d'arbres des deux côtés ou non. A notre connaissance, aucune brèche, liée à ce scénario, n'a été recensée depuis 1840.

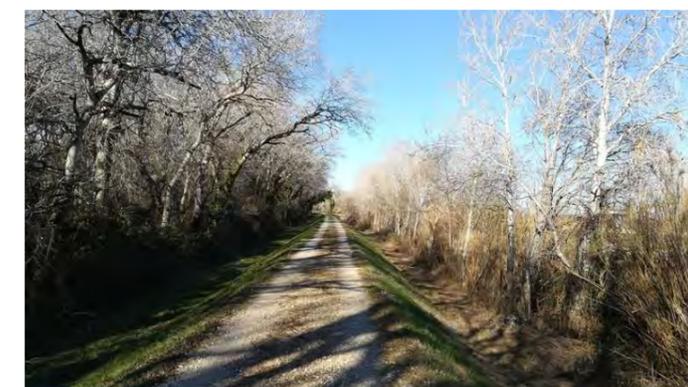
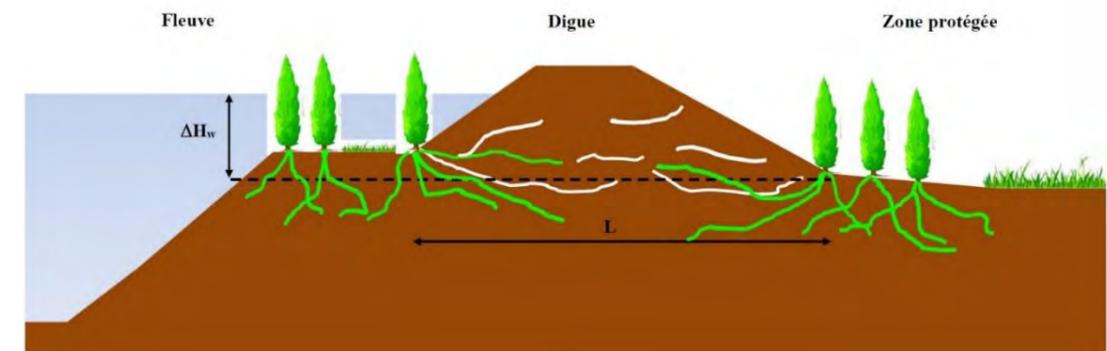


Figure 34. Scénario de brèche n°3 : érosion de conduit le long d'une racine morte

Le scénario n°4 est également lié au même phénomène que les scénarios précédents. Les conduits considérés sont encore plus petits que dans les cas précédents. Ce sont des fissures dont l'origine peut être le vieillissement des ouvrages, la dessiccation liée aux alternances de périodes sèches et humides... De très petits suintements sont observés en crue sur de grands linéaires. Ils pourraient le résultat d'infiltrations dans ces fissures traversantes. A notre connaissance, aucune brèche, liée à ce scénario, n'a été recensée depuis 1840.

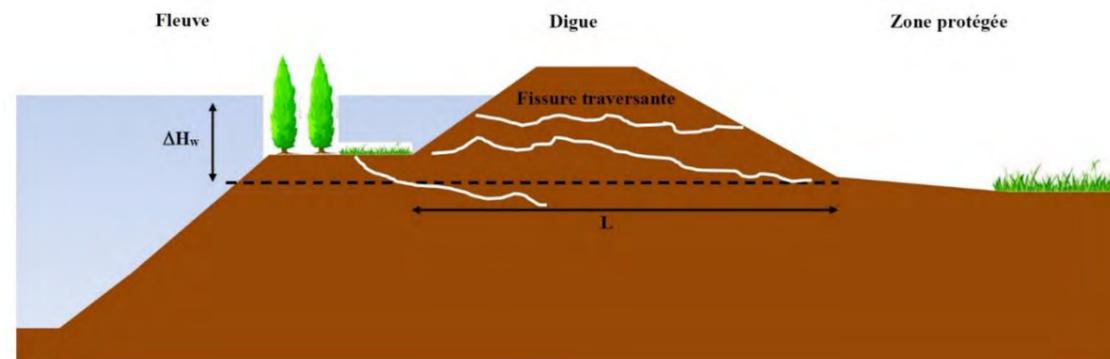
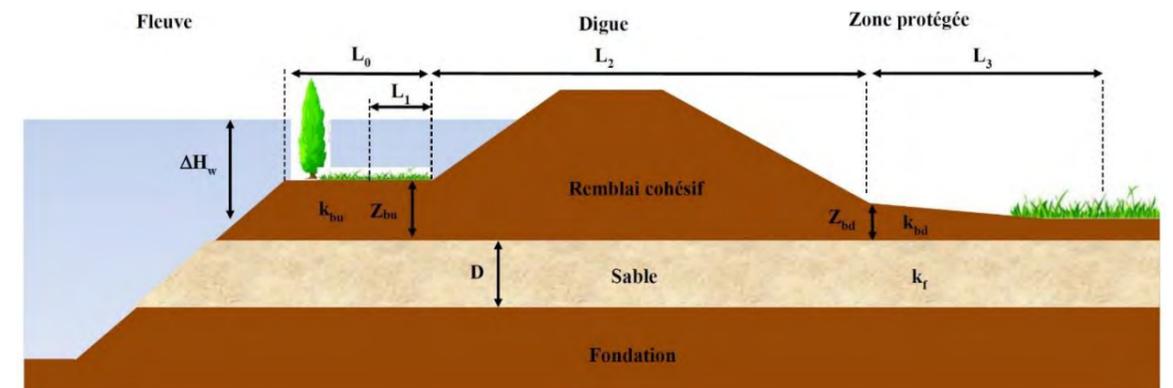


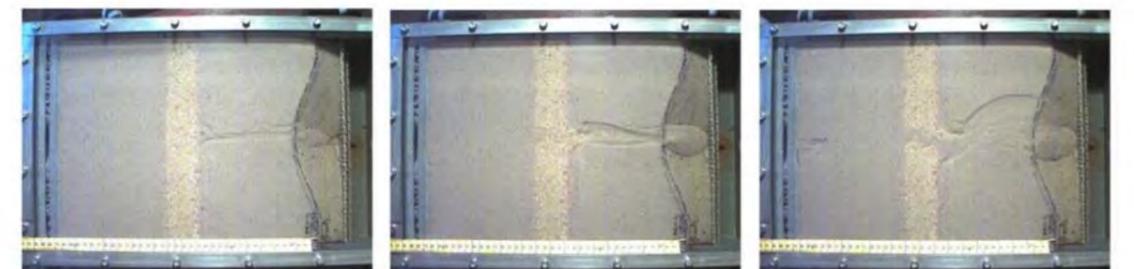
Figure 35. Scénario de brèche n°4 : érosion de conduit le long d'une fissure traversante

Les quatre premiers scénarios sont des scénarios, qui ne peuvent se produire que dans des sols cohérents, c'est-à-dire dans des sols, qui ne s'effondrent pas lorsqu'il y a un trou.

Le scénario n°5 est relatif à l'érosion du sable provoquée par des infiltrations d'eau. Ce phénomène est beaucoup plus lent que le phénomène d'érosion de conduit. Il est illustré dans la figure et les photos ci-dessous. On suppose la présence de sable en fondation, ce qui est le cas dans le delta du Rhône ou plus rarement dans la digue. Le sable est peu à peu imbibé d'eau et la couche de sable se met en pression. La pression soulève la couche de terre limoneuse en surface et l'érosion du sable peut débuter.



Pipe formation in laterally heterogeneous sands (fine downstream, coarse upstream)



Pipe formation in laterally heterogeneous sands (fine sand with a band of coarse sand)

Figure 36. Scénario de brèche n°5 : claquage hydraulique du limon cohésif et érosion régressive de la couche de sable

Les stigmates de ce phénomène sont caractérisés par des tumulus de sable observés côté zone protégée comme sur la photo ci-dessous prise sur les digues de l'Aggly (Pyrénées orientales) en 2013. Ce phénomène, très présent dans les deltas, n'a pas été observé jusqu'à aujourd'hui dans le delta du Rhône. Dans les évaluations conduites dans le cadre de la présente analyse, nous avons montré que le contraste de perméabilité, entre les sables et les limons présents dans le delta, n'était pas suffisamment important pour créer des pressions capables de soulever, même un mètre de limon et c'est ce qui pourrait expliquer l'absence d'observation de tumulus. Au niveau mondial,

la possibilité de brèche dans les digues par érosion régressive ne fait pas consensus. Certains experts pensent que l'érosion régressive peut provoquer des brèches, d'autres non. En revanche, ce qui fait consensus c'est que la cinétique d'érosion est sensiblement plus lente pour ce phénomène que pour l'érosion de conduit.



Figure 37. Tumulus de sable observé en aval des digues de l'Aggly lors de la crue de 2013 (© SAFEGE)

Le scénario n°6 est lié à l'érosion, qui se produit à l'interface du limon avec une couche très perméable comme le gravier. A l'instar de l'érosion régressive, la cinétique d'érosion est lente, voire plus lente que pour le gravier. Dans le delta du Rhône, il y a du gravier en profondeur, qui ne pose pas de problème. En revanche, certaines réparations d'urgence ont été réalisées dans les digues du Petit Rhône avec des matériaux perméables. L'évaluation conduite dans le cadre de la présente analyse conduit à des risques très faibles de rupture par érosion de contact. Au niveau mondial, nous n'avons pas de preuve avérée de brèche par érosion de contact. Dans le delta, des désordres liés à ce phénomène ont été observés lors de la crue de décembre 2003 au droit des réparations d'urgence de 1993 (photo de gauche – réparation 1993 – photo de droite début d'érosion de contact en 2003).

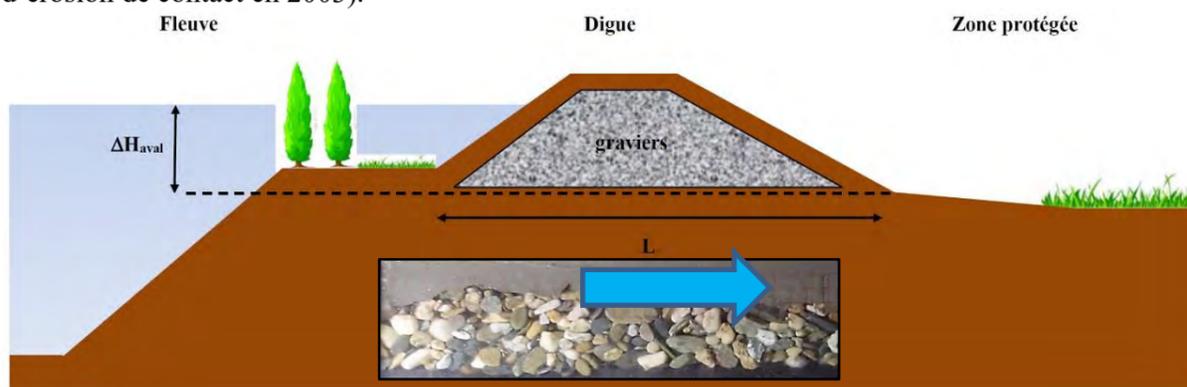


Figure 38. Scénario de brèche n°6 : Claquage hydraulique du masque étanche et érosion de contact le long d'une couche de graviers

Le scénario n°7 est très proche du précédent. Il est lié à l'érosion d'une couche de grave. On appelle ce phénomène suffusion interne. La grave est un matériau constitué d'un mélange de graviers, de sable et de matériaux fins. Quand la grave est trop perméable, l'eau qui y circule chasse les matériaux fins, ce qui augmente le débit et peu à peu c'est l'ensemble du squelette qui se désagrège. A l'instar de l'érosion de contact, la cinétique d'érosion est lente. Au niveau mondial, nous n'avons pas de preuve avérée de brèche par suffusion interne. Dans le cas des digues du delta du Rhône, des couches de grave sont parfois détectées dans les digues anciennes. En effet, les digues étaient, avant leur rehaussement généralisé, des chaussées comportant ces couches de grave en surface. Au moment du rehaussement, la purge n'a pas été systématique et explique la présence localisée de ce type de matériaux.

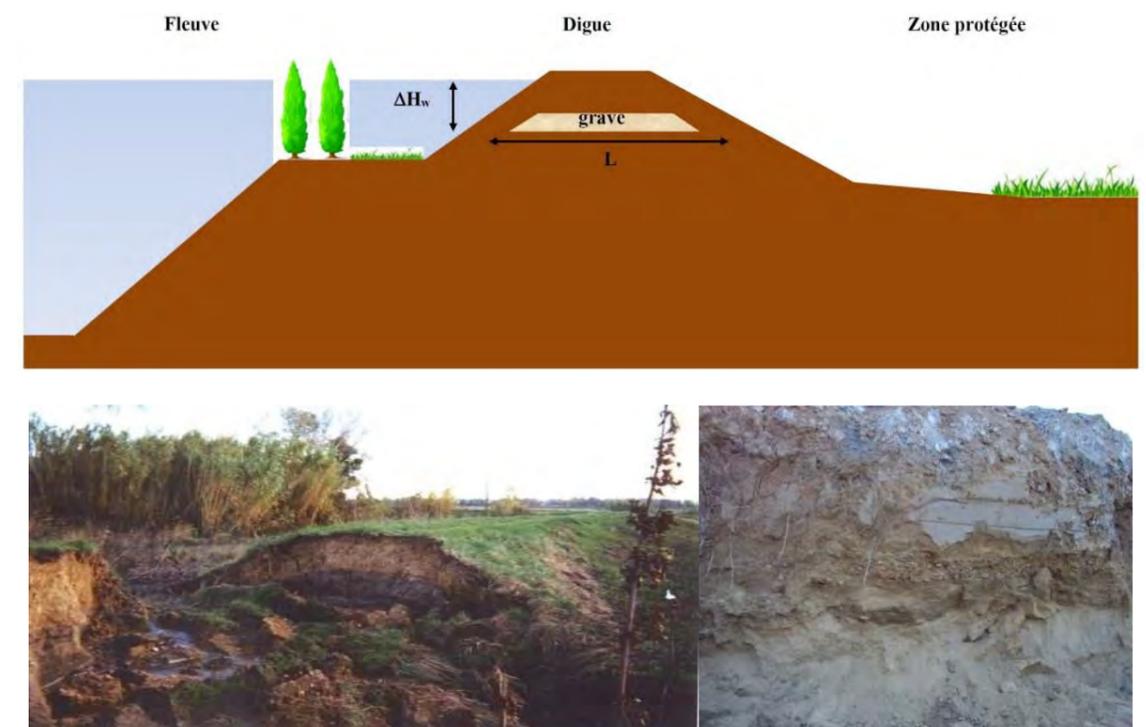


Figure 39. Scénario de brèche n°7 : Claquage hydraulique du masque étanche et suffusion de couche de grave englobée dans la digue

Le scénario n°8 correspond au scénario le plus simple à comprendre. Il correspond au dépassement du niveau de la digue par le fleuve. La surverse sur la digue entraîne les matériaux limoneux qui ne peuvent pas résister aux vitesses élevées. La digue peu à peu s'érode jusqu'à l'effondrement total. Dans le delta, on a observé en 1840 et en 2003 que les digues s'étaient effondrées par surverse dès lors que la hauteur de chute était importante (3 à 4 mètres). En revanche, quand la hauteur de chute était plus faible et que de la végétation était présente en pied de digue pour ralentir les vitesses, la digue a subi des désordres sans aller jusqu'à la brèche.

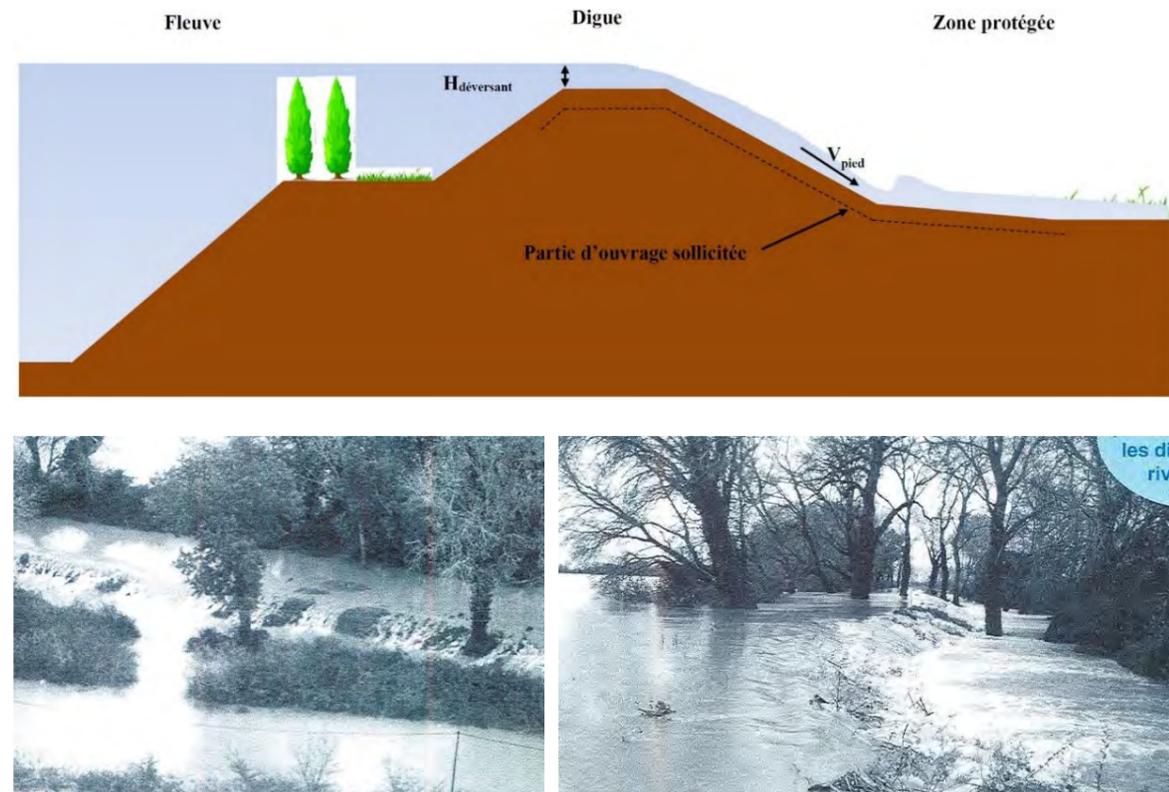


Figure 40. Scénario de brèche n°8 : Surverse sur la digue

Le scénario n°9 est relatif à l'érosion externe du pied de berge, puis à l'érosion externe du corps de digue si celle-ci est proche de la berge. On qualifie ce scénario d'affouillement. C'est la vitesse importante de l'eau (aggravée éventuellement par la fragilité des berges, l'absence de protection ou d'ancrage des berges) qui provoque l'érosion en pied. Il en résulte un raidissement de la pente locale qui, associé à l'affaiblissement des caractéristiques mécaniques (du fait de la saturation des matériaux), entraîne alors des glissements favorisant à leur tour les perturbations hydrauliques (tourbillons) et les érosions. Par glissements successifs du talus côté fleuve de la digue et/ou de la berge, le mécanisme peut entraîner l'ouverture d'une brèche dans le corps de digue. Ce scénario est la cause de nombreux désordres pour les crues courantes. Surtout les crues rapides. Il n'a néanmoins jamais conduit à la formation de brèche.

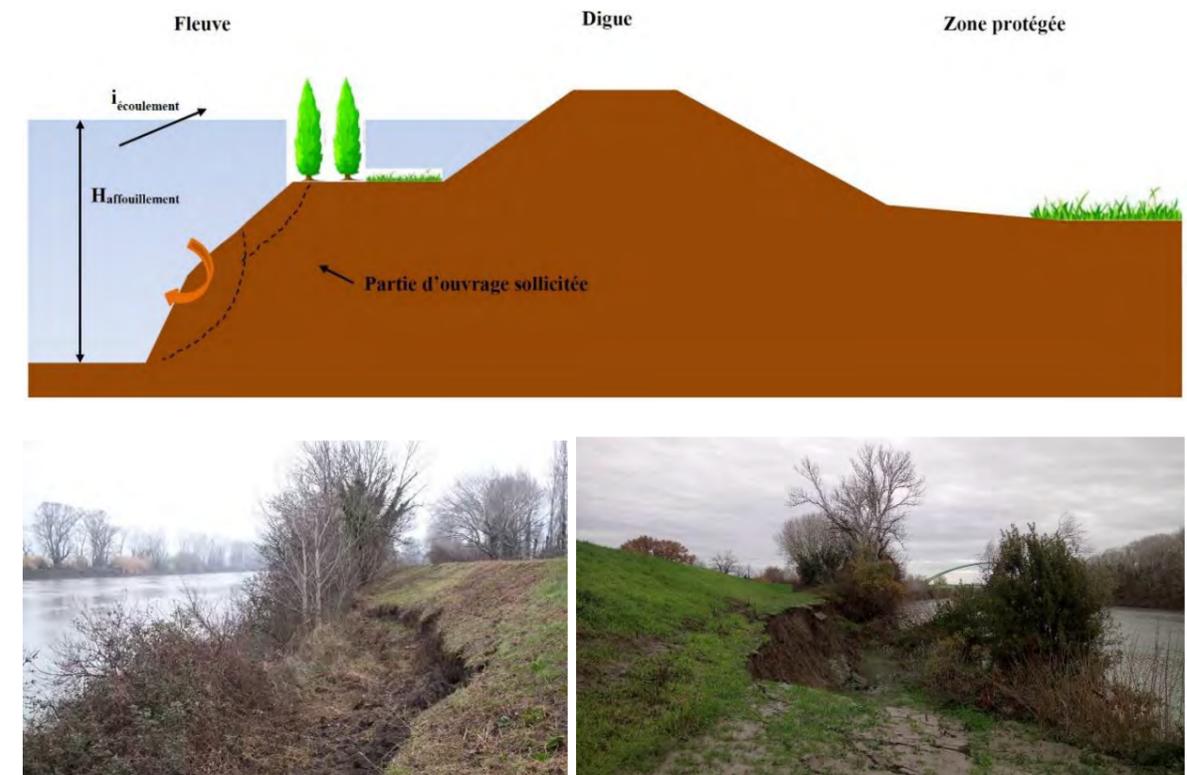


Figure 41. Scénario de brèche n°9 : Affouillement externe de la berge entraînant la digue

Le scénario 10 traite du glissement en masse du talus côté zone protégée en période de crue. Il intervient par rupture circulaire quand la digue et sa fondation sont en limon homogène saturé en eau et que les pentes des talus sont trop raides. En crue, le risque de glissement est sur le talus côté zone protégée (la stabilité du talus côté fleuve étant assurée par le poids de l'eau.).

Le scénario 11 traite du même phénomène mais le glissement intervient en décrue sur le talus côté fleuve (le talus côté fleuve a été imbibé d'eau et le poids de l'eau n'est plus là pour assurer la stabilité du talus).

Ces deux scénarios ont été à l'origine de désordres en 2002 et 2003 (cf. photos ci-dessous), mais sans conduire à la formation de brèche, ni même de départ de brèche.

Le scénario de défaillance fonctionnelle, correspondant à la rupture d'une vanne, a également été évalué. La rupture d'un batardeau a, quant à elle, été intégrée dans le scénario 13 relatif à la rupture des parapets présents en crête de digue ou sur les quais.

Deux scénarios ont également été analysés et écartés du fait de leur très faible probabilité : la brèche par liquéfaction sous sollicitation sismique du fait de la très faible occurrence de la concomitance d'une crue et d'un séisme et la brèche par érosion liée au batillage provoqué par les vagues, intégrée, pour la partie franchissement, dans le scénario de surverse.

6.6 PROBABILITES DE BRECHES

Pour l'évaluation des risques liés aux scénarios de brèche présentés ci-avant, le choix a été fait de construire un modèle probabiliste. Pour la construction de ce modèle probabiliste, le SYMADREM a bénéficié du concours de centre d'ingénierie hydraulique d'EDF, avec lequel il a développé un partenariat technique depuis de nombreuses années. La méthodologie mise en œuvre a fait l'objet de plusieurs publications nationales et également internationales avec présentation orale au sein de la Commission Internationale des Grands Barrages : en 2014 à Bali (Indonésie); à Johannesburg en 2016 (Afrique du Sud), à Vienne en 2018 (Autriche) et à Ottawa en 2019 (Canada) ainsi que lors du colloque digues 2019 à Aix-en-Provence.

La probabilité d'entrée d'eau dans la zone protégée est basée sur cinq modèles construits à partir d'investigations exhaustives menées dans le cadre d'un diagnostic approfondi : un modèle hydraulique et un modèle morpho-dynamique pour la quantification de la probabilité d'occurrence de l'aléa et trois modèles respectivement géométrique, géotechnique et fonctionnel pour l'évaluation de la probabilité de résistance et de franchissement de la digue.

Le modèle fonctionnel, dont l'objectif a été de recenser et analyser l'ensemble des composants de la digue, a été construit sur la base de 9 fonctions ou barrières de sécurité (8 barrières passives et 1 barrière active) décrites succinctement dans le tableau ci-dessous.

Tableau 24. Fonctions et composants

Fonction	Rôle	Exemples de composants
Etanchéité	Aptitude à éviter les infiltrations et fuites	Limon compacté Perrés, Palplanches
Résistance	Aptitude en cas d'infiltrations ou de fuites à résister à l'érosion	Argile, sable grossier
Protection	Protection contre les animaux fouisseurs Erosion du fleuve, des vagues	Grillage Ripisylve, blocs
Filtration	Aptitude, en cas de défaillance de l'étanchéité, à retenir les matériaux	Géotextile non tissé
Drainage	Aptitude à capter et évacuer les fuites et limiter la montée en pression	Graviers Géo-drains
Stabilité	Aptitude à assurer l'équilibre de l'ouvrage	Fruit talus Recharge aval
Evacuation	Aptitude à résister à la surverse en cas de dépassement du niveau de submersion	Enrochements bétonnés Perrés
Environnement	Intégration des ouvrages Déconnexion fleuve/digue	Franc-bord Ripisylve
Sécurité (active)	Surveillance et interventions en toutes circonstances	Surveillance Entreprises mobilisées

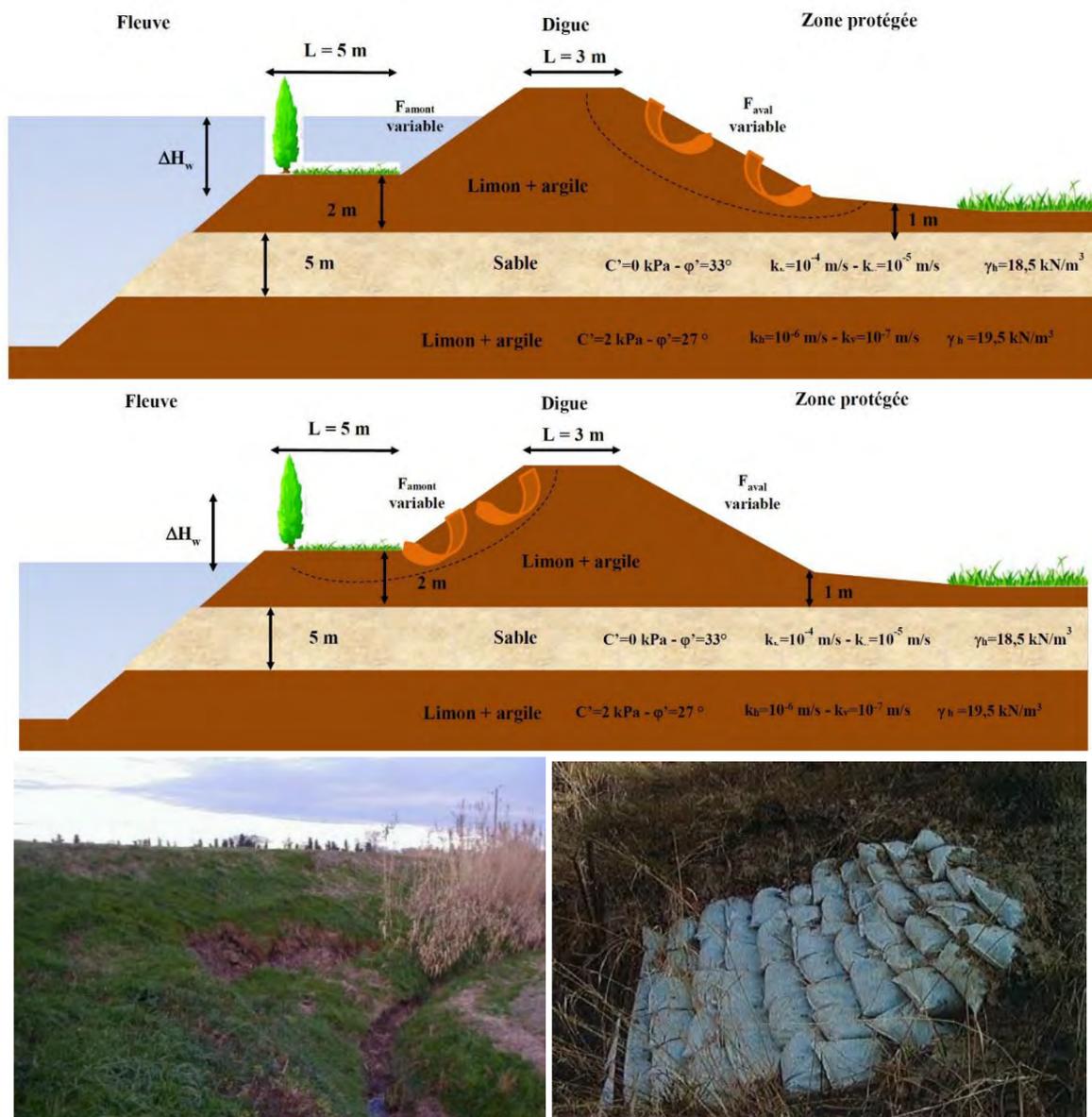


Figure 42. Scénarios de brèche n°10 relatif au glissement en crue du talus aval (fig. supérieure et photo de gauche) et n°11 relatif au glissement en crue du talus amont (fig. inférieure et photo de droite)

Chaque scénario de brèche a été décrit par un arbre d'événements à deux branches post « non détection », dont un exemple (scénario de brèche n°1) est reproduit en page suivante. Sont également indiquées les fonctions précitées impliquées dans chacune des étapes du scénario.

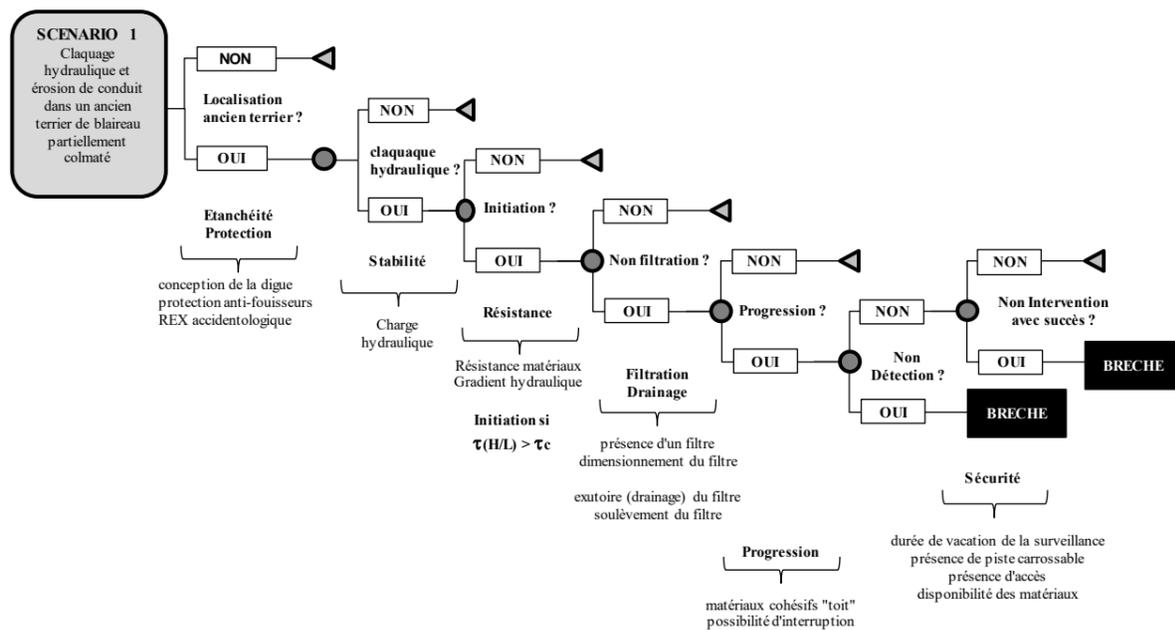


Figure 43. Arbres d'événements pour le scénario de brèche dit n°1

La probabilité de chaque étape du scénario est déterminée, soit par des probabilités fréquentielles, soit par des probabilités subjectives, quand le recours à des probabilités fréquentielles n'est pas possible.

La figure suivante illustre la probabilité fréquentielle de non dépassement des contraintes critiques des matériaux constituant respectivement les digues d'origine du XIX^{ème} siècle (matériaux A1+A2 selon la classification GTR 2000) et les masques étanches de certaines digues récemment sécurisées (matériaux A2 selon la classification GTR 2000). Ces lois de probabilité ont été définies à partir d'un panel représentatif de mesures HET sur des échantillons intacts prélevés au sein des digues.

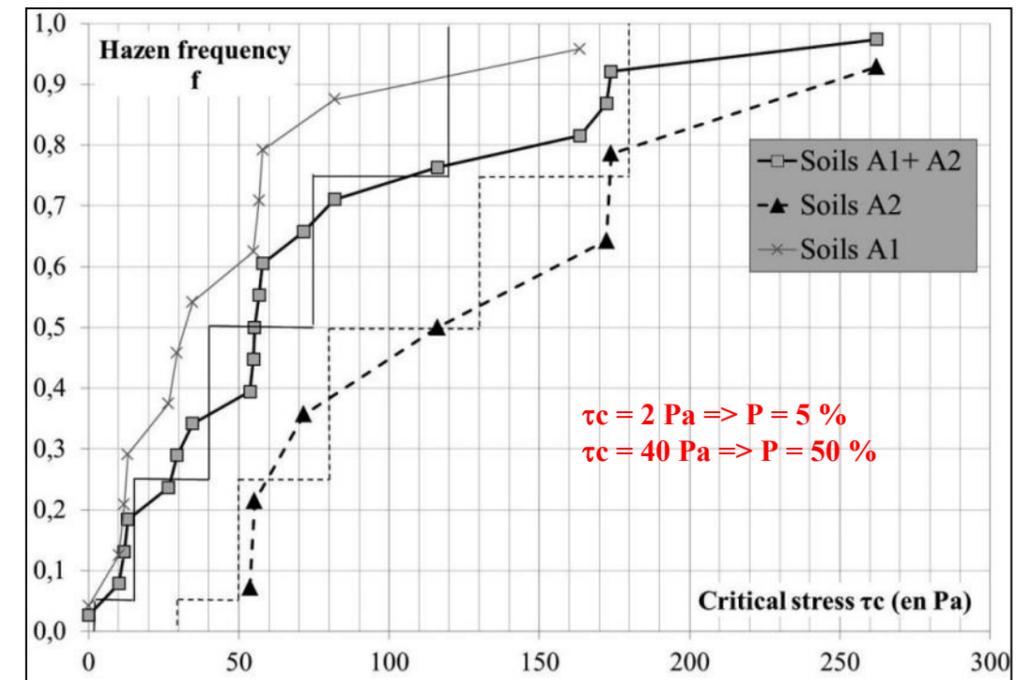


Figure 44. Probabilité de non dépassement des contraintes critiques des matériaux constituant les digues d'origine du Symadrem [Mallet & al. CIGB Bali 2014]

Le tableau ci-après donne les qualifications verbales et les probabilités conditionnelles associées retenues pour la détermination des probabilités subjectives. Ces dernières extraites des recommandations de l'USBR sont inspirées du travail réalisé par Vick (2002) sur la théorie des croyances. Conformément aux recommandations de l'USBR, la valeur de 0,001 n'a été utilisée qu'exceptionnellement.

Tableau 25. Qualification verbale et probabilité conditionnelle

Qualification verbale de l'événement	Probabilité conditionnelle associée
Quasiment impossible	0,001
Très peu probable	0,01
Peu probable	0,1
Neutre	0,5
Probable	0,9
Très probable	0,99
Quasiment certain	1

Pour de plus amples détails, on se référera au chapitre 7 des études de dangers des systèmes d'endiguement.

Les probabilités ont été calculées tous les 125 m de digue (mais évaluées de manière continue notamment pour les modèles hydraulique et géométrique), ce qui correspond à l'extension maximale des brèches observées lors des crues récentes.

Pour chaque tronçon homogène, une courbe de fragilité correspondant à la section la plus critique, a été construite. Elle donne la probabilité de brèche en fonction du débit du Rhône à la station de Beaucaire/Tarascon (Cf. exemple ci-après).

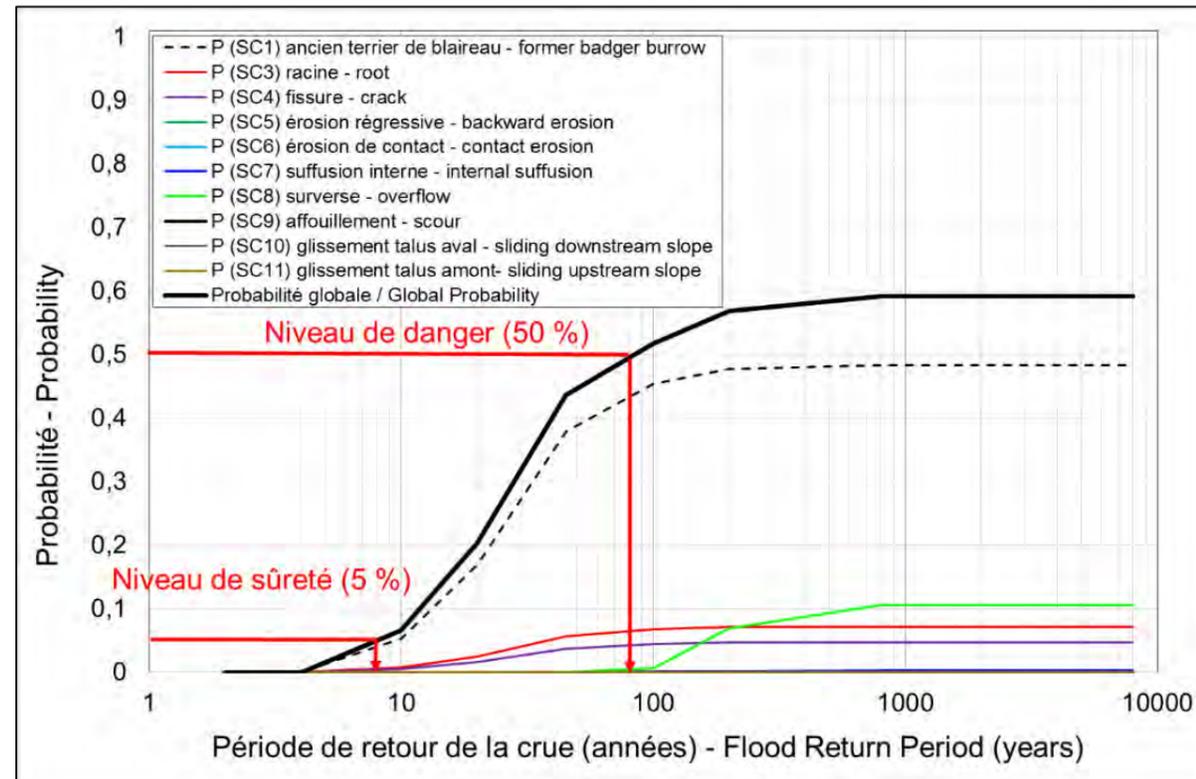


Figure 45. Exemple de courbe de fragilité (probabilité de brèche en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon)

Pour l'ensemble des tronçons, l'échelle de probabilités et la qualification verbale associée suivantes, inspirée de Vick 2002, ont été retenues pour la restitution des résultats.

Tableau 26. Echelle de probabilités et qualification verbale retenues

Probabilité de brèche P	Qualification verbale
P < 1 %	Impossible à très peu probable
1 % < P < 5 %	Très peu probable
5 % < P < 15 %	Peu probable
15 % < P < 40 %	Peu probable à possible
40 % < P < 70 %	Possible à probable
70 % < P < 90 %	Très probable
P > 90 %	Quasiment certain

6.7 CLASSES DE DEBIT

Une fois les probabilités de brèches déterminées, les niveaux de protection, de sûreté et de danger de chaque tronçon homogène du système ont été déterminés par classe de débit.

Sept classes de débit ont été retenues. Elles sont décrites dans le tableau ci-après avec les incertitudes liées à ces paramètres.

Tableau 27. Classes de niveaux caractéristiques

Débit (m³/s)* Beaucaire/ Tarascon	Cote** Beaucaire/Tarascon (m NGF IGN 69) suivant courbe de tarage (en vigueur depuis le 7/12/2003)	Cote*** Beaucaire/Tarascon (m NGF IGN 69) extraite du modèle ECPS PS (CNR) [K103]		Niveau marin (m NGF IGN 69)	Période de retour (années arrondies)
		Etat initial	Etat après travaux		
14 160	Non valable	12,05 – 11,97	12,04	1,50	800 à 1000
12 500		11,79 – 11,72	11,71	1,30	200
11 500	11,30	11,44 – 11,37	11,35	0,96	100
10 500	10,77	10,83 – 10,77	10,75	0,81	50
9 500	10,22	10,45 – 10,39	10,37	0,94	20
8 500	9,58	9,94	9,94	0,90	10
7 500	8,77	9,34	9,34	0,90	3

* débit ± 5 % correspondant à la borne inférieure de la classe ** ± 10 cm *** ± 20 cm

La station de référence pour le relevé des niveaux et l'estimation débits du Rhône est la station Beaucaire/Tarascon gérée par le service prévision des crues du grand delta (SPC GD) au PK Rhône 269,6.

Les débits sont estimés à partir de la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 (courbe verte sur la figure ci-après). Les valeurs, en termes de débit et de hauteur, supérieures à celles connues en décembre 2003, ont été extrapolées mathématiquement sans tenir compte des surverses occasionnées entre Beaucaire et Arles en rives droite et gauche du Rhône, qui ont pour effet de contrôler les niveaux au droit de la station.

Cet effet est perceptible sur la figure ci-dessous, qui superpose la courbe de tarage actuellement en vigueur à la station de Beaucaire/Tarascon (courbe verte) et les niveaux modélisés par la CNR_{ingénierie} dans le cadre de l'étude de calage (courbe bleue). On remarque que la courbe de tarage du SPC n'est pas valable pour les niveaux supérieurs à 11,5 m NGF (zone 1). A titre d'exemple, la crue exceptionnelle du Rhône (14 160 m³/seconde) correspondrait suivant la courbe de tarage en vigueur à une cote d'environ 12,65 m NGF. Les niveaux modélisés par la CNR_{ingénierie} dans le cadre de l'étude de calage donne une cote « plafonnée par les déversements aval » d'environ 11,97 m NGF dans l'état initial et 12,04 m NGF dans l'état après travaux.

Il est donc indispensable de modifier la courbe de tarage en vigueur pour les débits supérieurs à 11 500 m³/s pour tenir compte du fonctionnement hydraulique (actuel ou projeté) entre Beaucaire et Arles.

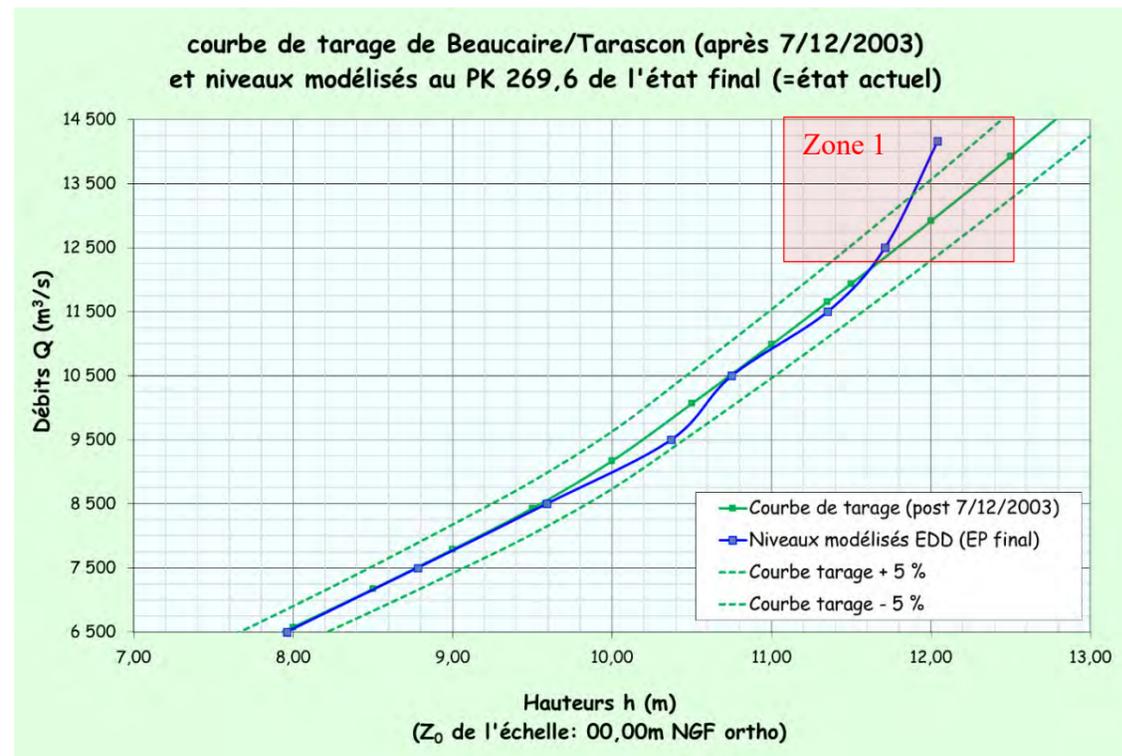


Figure 46. Courbe de tarage en vigueur à Beaucaire/Tarascon, fourchettes de précision et niveaux modélisés dans le cadre de l'étude de calage

6.8 CAS DES ZONES PROTEGEES AVEC PLUSIEURS NIVEAUX DE PROTECTION

La caractérisation du risque dans une zone protégée par un système d'endiguement peut s'exprimer sous la forme suivante

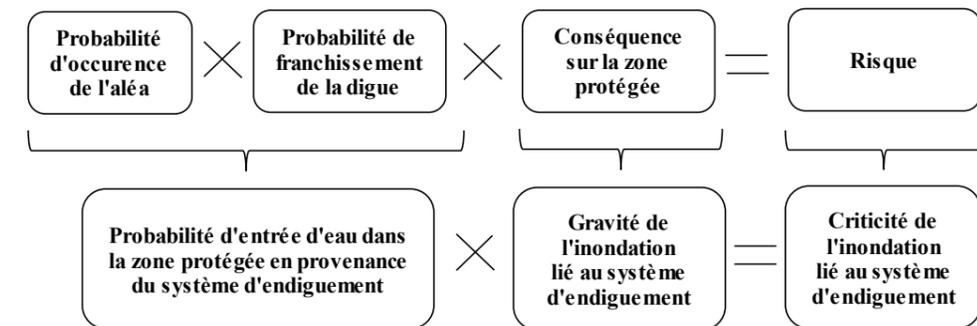


Figure 47. Caractérisation du risque d'un système d'endiguement

Cette représentation du risque correspondait typiquement à la réglementation digues 2007.

Avec la réglementation digues 2015, où l'objectif est de déterminer les zones hors d'eau pour un aléa donné avec une probabilité résiduelle de rupture inférieure à 5 %, la représentation ci-avant peut être adaptée comme suit :

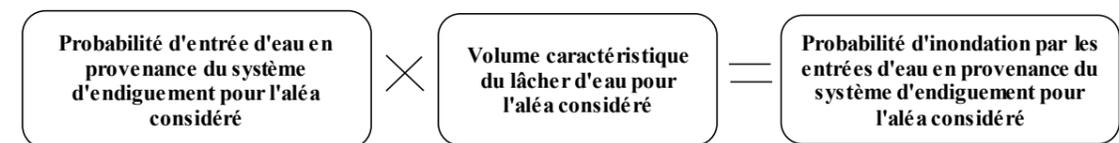


Figure 48. Caractérisation de la probabilité d'inondation d'une zone pour un aléa donné

Quand la zone protégée n'a qu'un niveau de protection, on admet que la zone protégée est inondée dès que le cours d'eau dépasse le niveau de protection des ouvrages. Pour un aléa donné :

$$\text{probabilité d'entrée eau} = \text{probabilité d'inondation}$$

Quand la zone protégée a plusieurs niveaux de protection, le paramètre cinétique de remplissage représenté ci-avant par la conséquence sur la zone protégée doit être pris en compte. Un volume caractéristique de déversement avec ou sans brèche doit être associé au niveau de crue considéré. Pour un aléa donné :

$$\text{probabilité d'entrée eau} \times \text{volume du lâcher d'eau} = \text{probabilité d'inondation}$$

La figure ci-dessous illustre ce principe

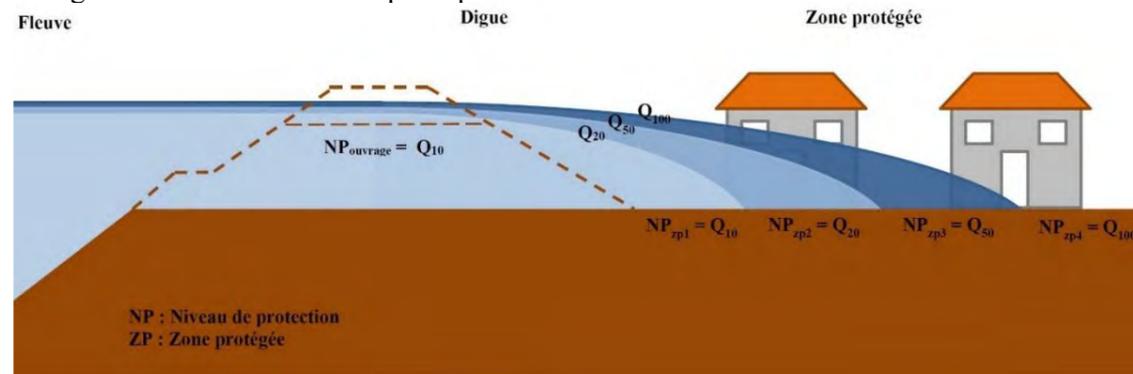


Figure 49. Cas des zones protégées avec plusieurs niveaux de protection

La figure ci-dessous illustre concrètement ce principe pour le système « rive gauche ». On constate que pour une même brèche, certaines parties du territoire ne sont pas inondées pour une crue cinquantennale et le sont pour la crue bicentennale.

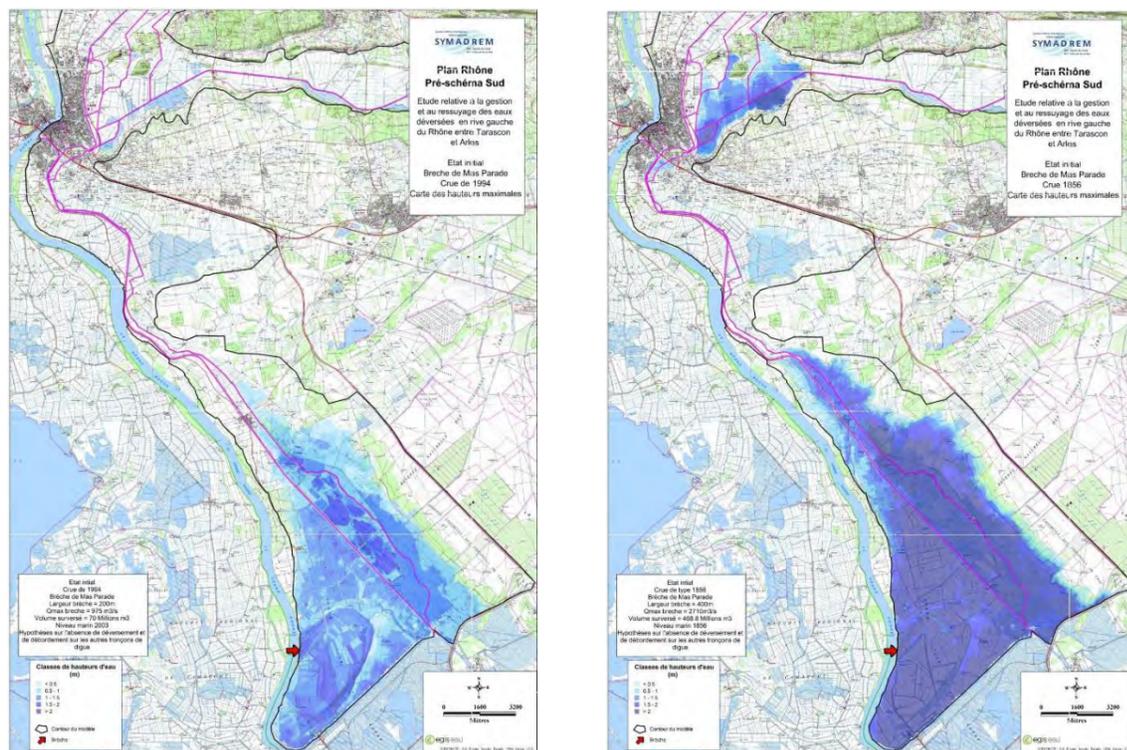


Figure 50. Inondation par brèche pour une crue cinquantennale et bicentennale

Le logigramme présenté ci-après est celui qui va permettre de passer des niveaux de protection des ouvrages aux niveaux de protection des sous-zones protégées.

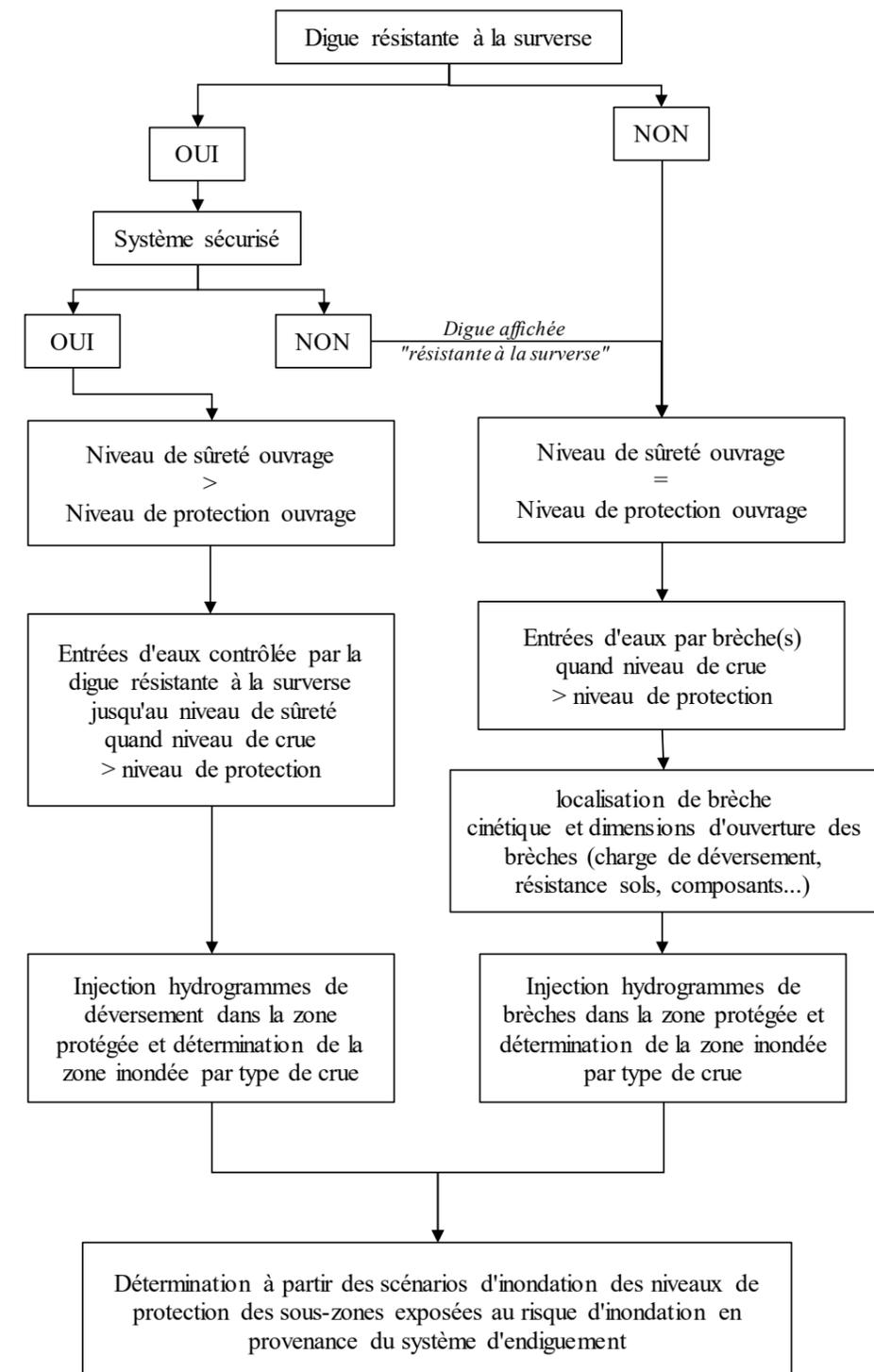


Figure 51. Logigramme de détermination des niveaux de protection de la zone protégée

6.9 PARAMETRES DETERMINANTS DANS LA MODELISATION DES NIVEAUX D'EAU

6.9.1 Débit de pointe et durée de la crue

Les deux principales caractéristiques des crues sont le débit de pointe et la durée de la crue. Le débit de pointe va directement conditionner les niveaux atteints le long des digues et la durée de la crue va directement conditionner le volume de la crue qui est directement lié au volume de déversement dans la zone protégée en cas de brèches et dans une moindre mesure en cas de surverse.

Le tableau ci-après, suivi de la figure illustrant les hydrogrammes de crues utilisées pour le Plan Rhône et pour les études de dangers, indique les principales caractéristiques des crues pour le fonctionnement hydraulique du système en cas d'entrée d'eau par brèche. Sont indiqués :

- le débit de pointe à Beaucaire/Tarascon,
- la durée de mise en charge des digues, qu'on considérera comme étant la durée pendant laquelle le débit à Beaucaire/Tarascon est supérieur à 6 000 m³/s,
- le volume de la crue contenu par les digues en cas d'absence d'entrées d'eaux. Ce volume correspond au volume total de la crue diminué du volume situé en dessous du débit de mise en charge des digues, soit 6 000 m³/s
- le volume de décrue crue contenu par les digues. Ce volume correspond à la part du volume précité après la pointe de la crue.

Pour les modélisations de brèche, l'instant de démarrage des brèches a à chaque fois été retenu comme étant la pointe de crue au droit de la brèche. Cette hypothèse forte permet d'avoir les plus forts débits de pointe (la charge étant maximum). Elle peut être optimiste pour le calcul des volumes de déversements si le niveau de danger de la digue est sensiblement inférieur au niveau de la pointe de crue. Mais comme le montre le tableau ci-après ; le volume de décrue représente la part la plus importante du volume de la crue. La part du volume de crue compris entre le niveau de danger et le pic de crue non pris en compte dans la modélisation reste en définitif très en deçà de la précision des calculs, fortement tributaire d'autres paramètres (largeur de brèche, cinétique d'ouverture, durée de crue).

Tableau 28. Caractéristiques des crues modélisées pour l'étude de dangers

Débit Beaucaire/Tarascon (m ³ /s)	Durée mise en charge (jours)	Volume de la crue contenu par les digues (millions de m ³)	Volume de décrue contenu par les digues (millions de m ³)	Rapport volume décrue/Volume crue (%)
8500	5	660	470	71
9500	6,5	970	610	63
10500	3	660	490	73
11500	3	950	490	52
12500	18	2 900	2 200	78
14160	27	5 800	5 000	86

Pour les scénarios de crues 8500 à 11500, on constate que les volumes de décrue sont sensiblement identiques, ce qui s'explique par la rapidité des crues de janvier 1994 et décembre 2003 qui ont servi de base à la construction des scénarios 10500 et 11500, alors que les scénarios de crue 8500

et 9500 ont été bâtis à partir des pointes de la crue de novembre 2002. Les crues 12500 et 14160 ont quant à elles des durées très importantes justifiées par le retour d'expériences de 1840 et 1856.

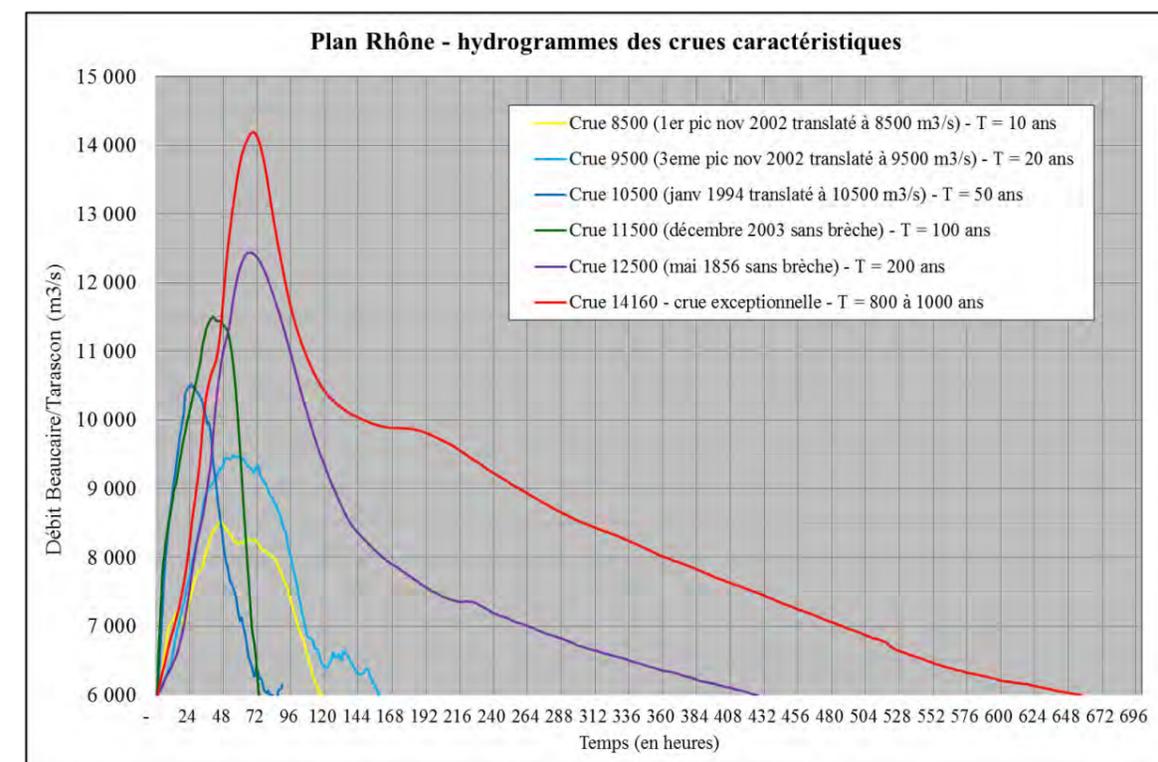


Figure 52. Hydrogrammes des crues modélisées

6.9.2 Impact des brèches sur la ligne d'eau et les débits

D'autres paramètres perturbent la ligne d'eau. Ce sont les brèches, qui ont des impacts notables sur la ligne d'eau aval.

En aval d'une brèche qui vient de se produire, le lit endigué propage un hydrogramme de crue obtenu par différence entre l'hydrogramme amont et celui qui est dérivé vers le lit majeur au travers de la brèche. La ligne d'eau est abaissée en proportion de la réduction de débit.

Vers l'amont, l'effet hydraulique est d'une toute autre nature. Une brèche, tant qu'elle débite, induit un abaissement de la ligne d'eau par effet de remous. Cela peut constituer un avantage local, par exemple en arrêtant un débordement qui aurait commencé. Mais cela est rarement déterminant sur de longues distances, car peu à peu l'effet des pertes de charges tout au long du cours d'eau « dilue » le bénéfice de l'abaissement aval.

Deux exemples historiques sont présentés ci-après : celui de mai 1856 et celui de décembre 2003.

En mai 1856, plusieurs brèches se sont produites en amont de Beaucaire/Tarascon notamment sur la digue de la Montagnette et ont eu pour effet de dériver une grande partie du débit arrivant du Nord vers la rive gauche du Rhône (centre-ville de Tarascon puis Plaine du Trébon, puis ancien

marais d'Arles....). Il en a résulté une baisse quasi-instantanée des niveaux en aval dans le lit du fleuve, comme le montre ces limnigrammes extraits de la thèse de Maurice Pardé. Le niveau du Rhône a augmenté jusqu'à la cote 7,95 m de l'échelle de Beaucaire pour descendre très rapidement après la formation des brèches dans la digue de la Montagnette (Cf. figure ci-dessous). Au limnigramme de Vallabrègue situé juste en amont des brèches, cette baisse n'a pas été sensible, compte tenu des apports d'eau en provenance de l'amont.

Ces limnigrammes montrent l'effet sensible d'une brèche sur les niveaux pour l'aval du lit endigué (en l'occurrence l'aval de Beaucaire) et le peu d'effet sur les niveaux pour l'amont (en l'occurrence, Vallabrègues).

On peut retenir sommairement que le maximum du débit pour la crue de mai 1856 a été de 12 500 m³/s en amont de la digue de la Montagnette, mais le maximum du débit en traversée de Beaucaire/Tarascon n'a été que d'environ 11 000 m³/s, compte tenu de ce qu'une partie du débit a été dérivée dans les brèches de la digue de la Montagnette. C'est ce qui explique que les laisses de la crue de 1856 sont plus basses dans le delta que celles de la crue de décembre 2003.

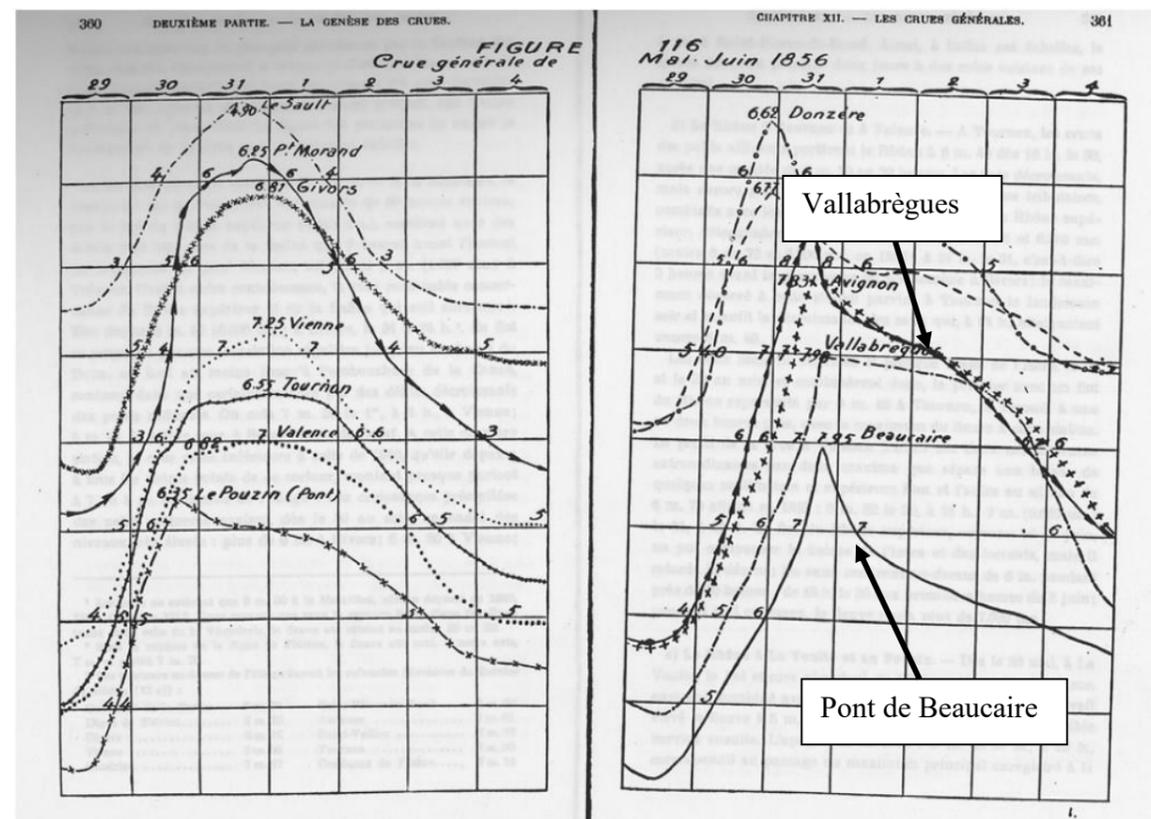


Figure 53. Limnigramme crue 1856 (source Maurice Pardé)



Figure 54. Brèches dans la digue de la montagnette et propagation des crues (archives départementales)

En décembre 2003, aucune brèche n'a été déplorée en amont de Beaucaire/Tarascon. Le débit de pointe de la crue a été estimé par la conférence de consensus à 11 500 m³/s. Le niveau atteint en traversée de Beaucaire/Tarascon a été de 8,30 m au pont de Beaucaire (PK 267,7) soit 35 cm de plus qu'en mai 1856 et 11,33 m NGF à la station de référence de Beaucaire/Tarascon (PK 269,6). 4 brèches se sont produites : 2 brèches sur le Tronçon Tarascon-Arles et 2 brèches sur le Petit Rhône. La figure ci-dessous extraite du programme de sécurisation du SYMADREM (p 98) montre la ligne d'eau observée réellement en décembre 2003 (trait bleu) et la ligne d'eau qui aurait été observée en l'absence de brèches dans le système (en rouge).

Le volume de déversement au travers des brèches du Petit Rhône a été estimé par la CNR à 210 millions de m³ ; le volume de déversement au travers des brèches dans les deux trémies à 17 millions de m³.

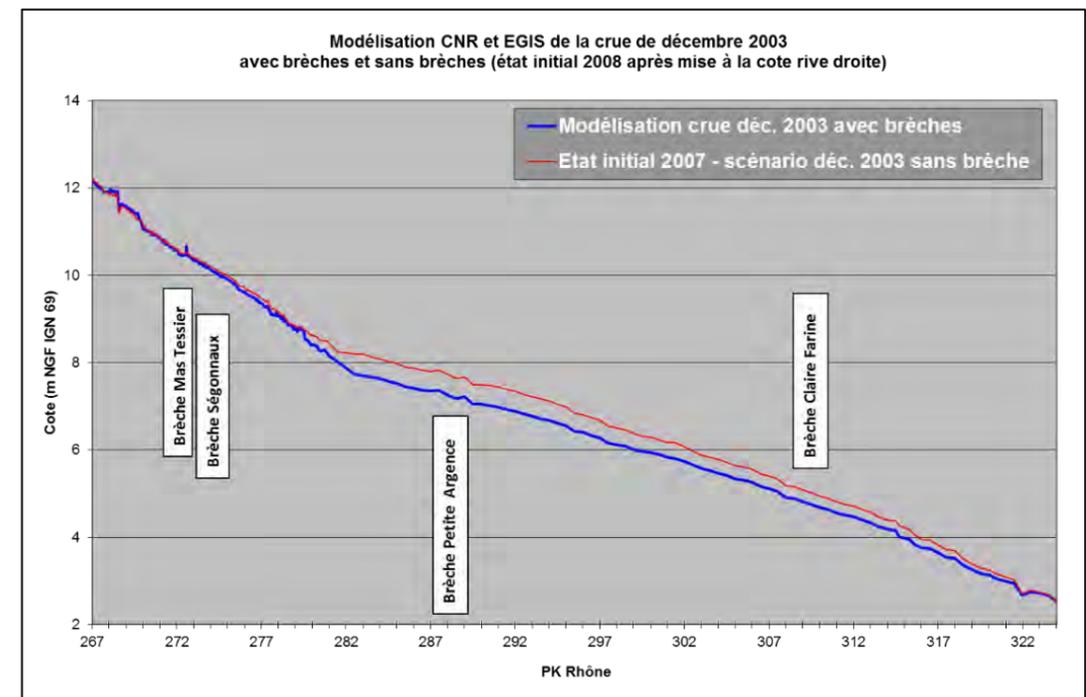


Figure 55. Impact des brèches sur les niveaux d'eau du Petit Rhône

La figure extraite de l'étude de calage réalisée par la CNR pour le SYMADREM, montre la répartition des débits entre le Petit Rhône et le Grand Rhône pendant la crue de décembre 2003.

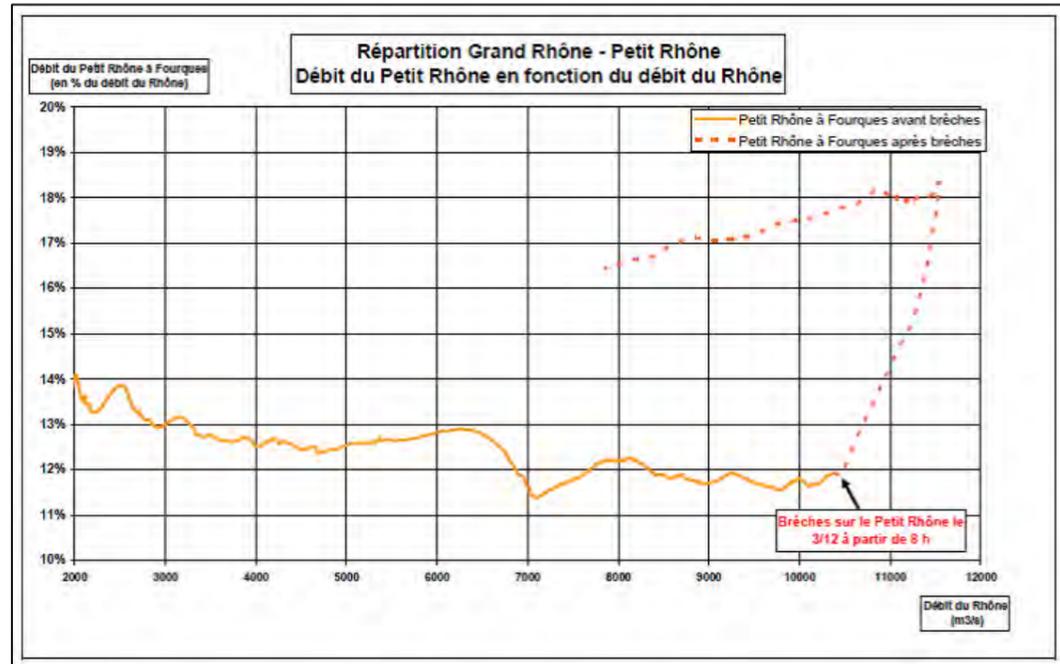


Figure 56. Répartition des débits à la diffluence en décembre 2003

La figure ci-dessous montre les débits calculés par la CNR sur le Rhône à Beaucaire, sur le Petit Rhône à Fourques et sur le Grand Rhône à Arles.

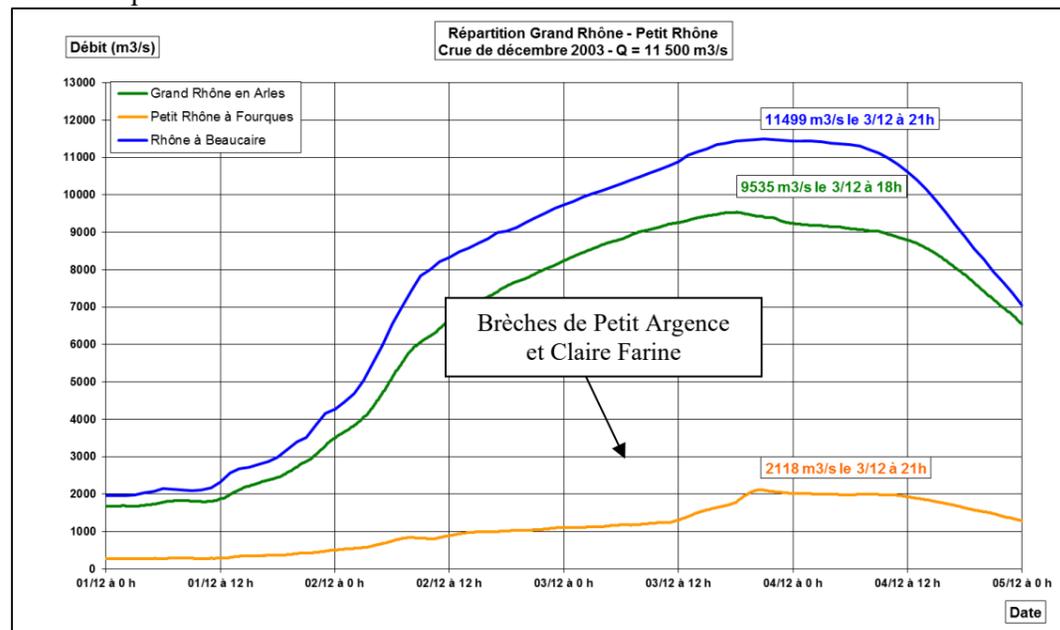


Figure 57. Hydrogrammes à Beaucaire/Tarascon, Arles et Fourques en décembre 2003

Ces trois figures permettent de voir l'appel de débit vers le Petit Rhône causé par les brèches sur le Petit Rhône et la modification de la répartition Petit Rhône/Grand Rhône. Avant l'apparition des brèches, la répartition entre le Petit Rhône et le Grand Rhône est de 12 et 88 %. Après l'apparition des brèches sur le Petit Rhône, les niveaux dans le Petit Rhône « plafonnent » dus à l'effet des brèches alors que ceux en amont continuent d'augmenter. La pente d'écoulement du Rhône vers le Petit Rhône augmente sensiblement et engendre un appel de débit sur le Petit Rhône modifiant la répartition entre le Petit Rhône et le Grand Rhône. Elle passe de 12/88 à 18/82. Ainsi, le débit de pointe sur le Petit Rhône en l'absence de brèches dans le système aurait été de 1 378 m³/s (source CNR) alors qu'il a été supérieur à 2100 m³/s en décembre 2003 sans pour autant dépasser les niveaux d'un fonctionnement sans brèche.

Maintenant si on s'intéresse aux limnigrammes à la station de Beaucaire/Tarascon (PK 269,6) et à la station de BRL (PK 277.3) figurant ci-après, on voit que même après l'apparition des brèches sur le Petit Rhône le 3/12 à 8h et 10h, le niveau du Rhône entre Beaucaire et Arles a continué d'augmenter pour finalement surverser sur les digues de protection des trémies du Mas de Teissier et des Ségonnaux le 3/12 vers 22h.

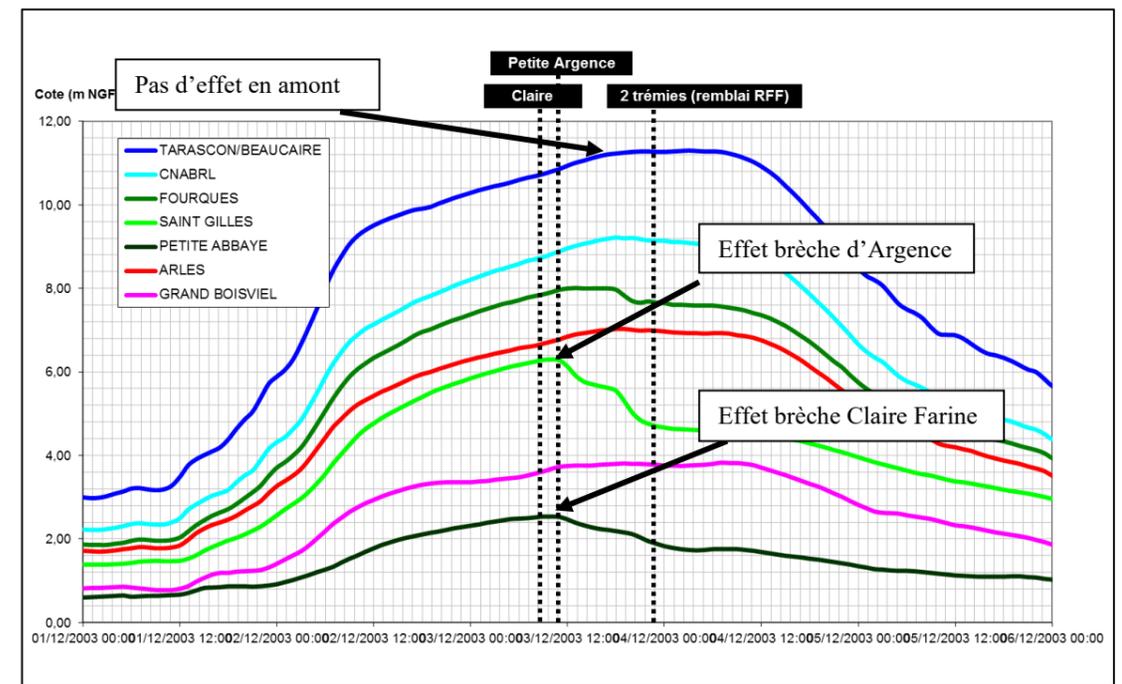


Figure 58. Crue de déc. 2003 – limnigrammes des stations du grand delta

Il en ressort que les brèches sur le Petit Rhône, en se produisant une dizaine d'heures avant la pointe de crue et en dérivant 210 millions de m³ ont eu pour effet de plafonner la ligne d'eau sur le Petit Rhône Aval, qui sans cela aurait encore plus débordé sur les digues rive droite et rive gauche. Au moment de la formation de la brèche d'Argence, le Rhône avait déjà surversé sur la digue au droit de Claire Farine, les digues étaient en limite de surverse, voire en début de surverse en amont d'Argence, au droit de Figarès (rive gauche) et en aval de l'écluse de Saint Gilles.

6.9.3 Evolution des niveaux dans le delta en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon

La figure ci-dessous donne les niveaux le long du fleuve en fonction du débit en tête de Delta à Beaucaire/Tarascon.

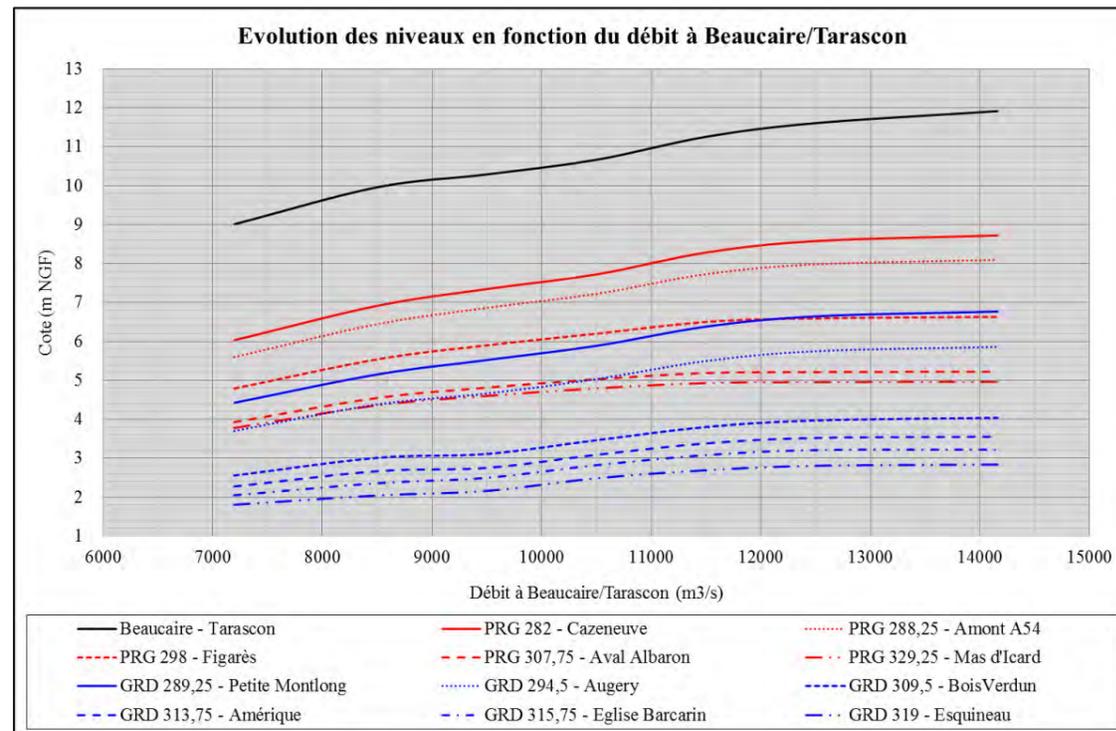


Figure 59. Evolution des niveaux le long du fleuve en fonction du débit en tête de Delta

On constate qu'en tête de delta, l'évolution du niveau entre 7 500 et 11 500 m³/s est de 2,2 m et de 0,7 m entre 11 500 et 14 160 m³/s. Comme indiqué ci-dessus, la formation d'une brèche en tête de delta compte tenu de hauteur de charge aura pour conséquence de dériver une partie du fleuve dans la zone protégée et d'abaisser en proportion les niveaux en aval. A contrario plus on s'approche de la mer et moins importante est la variation de niveau entre les crues fréquentes et crues exceptionnelles. Elle est au droit de Salin de Giraud de 1 m entre les crues de 7 500 et 11 500 m³/s et de 10 cm entre les crues de 11 500 et 14 160 m³/s. On notera l'influence très sensible de la mer pour le calcul des lignes d'eau. La formation d'une brèche au droit de ces secteurs « proches » de la mer perturbera moins les lignes d'eau.

Globalement, on retiendra que les variations de niveaux en fonction du débit amont sont sensibles de la tête de delta jusqu'à l'écluse de Saint Gilles sur le Petit Rhône et jusqu'au seuil de Terrin sur le Grand Rhône.

6.9.4 Comparaison entre les fonctionnements avec et sans brèche

La figure suivante extraite du programme de sécurisation illustre la comparaison entre un déversement avec et sans brèche.

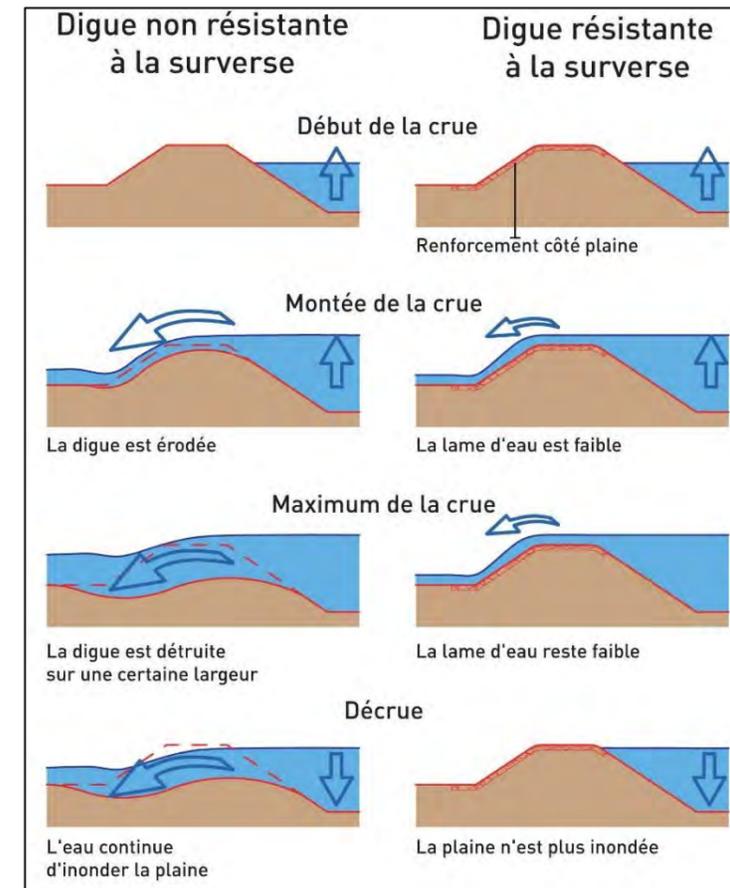


Figure 60. Déversement avec et sans brèche (© J.L. Masson)

Dans un système sécurisé avec digue résistante à la surverse, le fleuve est contenu jusqu'à l'atteinte du niveau de protection qui correspond à la crête de la digue résistante à la surverse. Au-delà de ce niveau, seule la petite lame d'eau correspondant au pic de crue, surverse sur les digues. Dès que la décrue s'amorce et que le niveau d'eau redescend en-dessous de la crête de la digue, les déversements sur la digue cessent et l'inondation est restreinte.

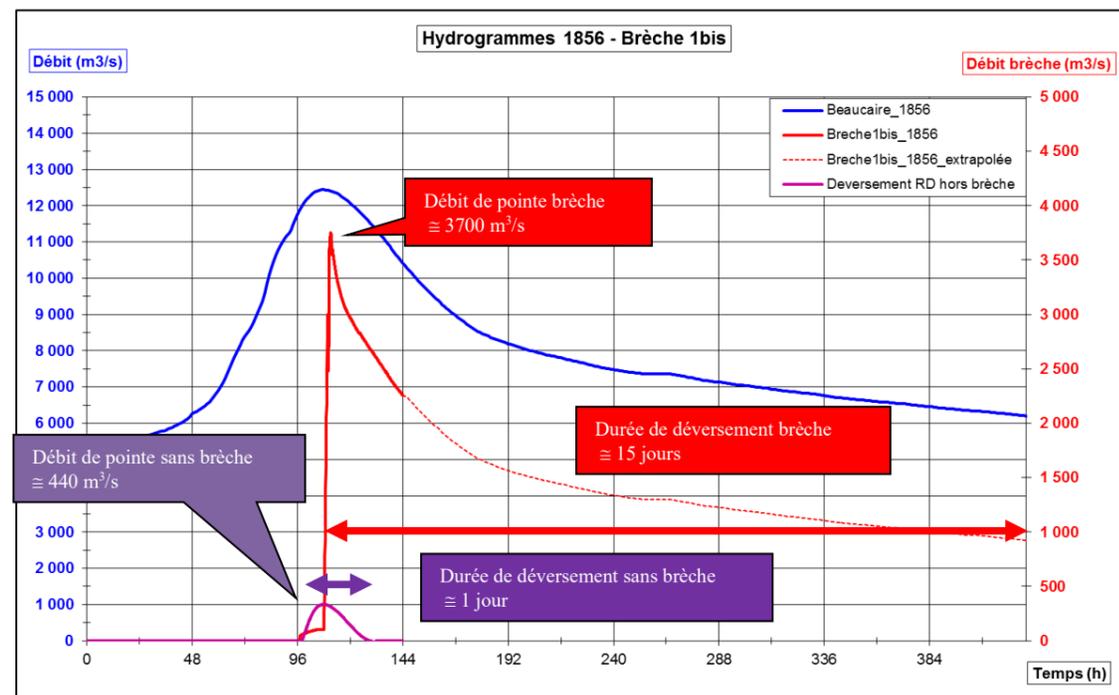
Dans un système non sécurisé et *a fortiori* sans digue résistante à la surverse, les entrées d'eau correspondent à la hauteur de déversement, soit toute la hauteur de la digue. Par ailleurs, l'ouverture créée dans la digue a pour conséquence de produire des entrées d'eau pendant toute la période de décrue jusqu'à ce que le fleuve redescende sous la cote du terrain naturel.

Les hydrogrammes figurant ci-dessous permettent d'illustrer l'impact des brèches pour la zone protégée, pour la crue de référence, sur le secteur Beaucaire-Fourques :

- la courbe en bleu représente l'hydrogramme de crue à la station de Beaucaire/Tarascon (débit sur l'axe à gauche).
- la courbe en violet caractérise les déversements sans brèche (débit sur l'axe à droite)
- la courbe en rouge caractérise les déversements au droit de la brèche. La formation de la brèche intervient, dans cet exemple, à la pointe de crue (débit sur l'axe à droite).

Les écoulements transitant par la brèche peuvent atteindre des débits très élevés (env. 3700 m³/s dans le cas présent) compte tenu de ce que la digue est effacée sur toute sa hauteur. Ce débit est à comparer avec les débits de déversement hors brèche qui sont beaucoup plus faibles et qui sont dus à la faible lame d'eau déversante même sur des linéaires importants (débit estimé à environ 440 m³/s). La formation de brèche a également pour effet que les entrées d'eau se produisent pendant toute la durée de la décrue, alors que pour des déversements sans brèche, l'inondation par le fleuve cesse dès que les niveaux d'eau redescendent sous la crête de la digue détruite. Dans le présent cas :

- le volume de déversement par la brèche est estimé à 1 700 millions de m³ ;
- le volume de déversement hors brèche est estimé à 15 millions de m³, soit 100 fois moins !



7 ETAT ACTUEL

7.1 TRAVAUX REALISES DE 2008 A 2020

La figure ci-après permet de localiser l'avancement du programme de sécurisation au 11 mars 2021. On y localise :

- En vert : les travaux de renforcement réalisés et terminés dans le cadre du CPIER Plan Rhône 2007-2014 et les travaux réalisés antérieurement au plan Rhône conformes aux objectifs du programme de sécurisation,
- En bleu : les travaux de renforcement en cours dans le cadre du CPIER 2015-2020,
- En orange, les travaux de renforcement inscrit dans le CPIER plan Rhône 2021-2027. Ces travaux concernent les secteurs suivants : SIP de Beaucaire et SIF de Tarascon, sécurisation des digues urbaines du Vigueirat de 2^{ème} rang, digues du Petit Rhône 1^{ère} priorité Tranche 1, digues de Salin de Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône,
- En rouge, les travaux non-contractualisés et non programmés à ce jour (digues aval Petit Rhône et aval Grand Rhône),

Cette carte est suivie de l'état d'avancement des travaux de sécurisation par rapport aux objectifs du programme de sécurisation.

Cet état actuel est appelé état B dans le document ; l'état A étant celui qui prévalait en 2007 avant le démarrage des opérations du plan Rhône.

L'état C (partie 8) est l'état après rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon.

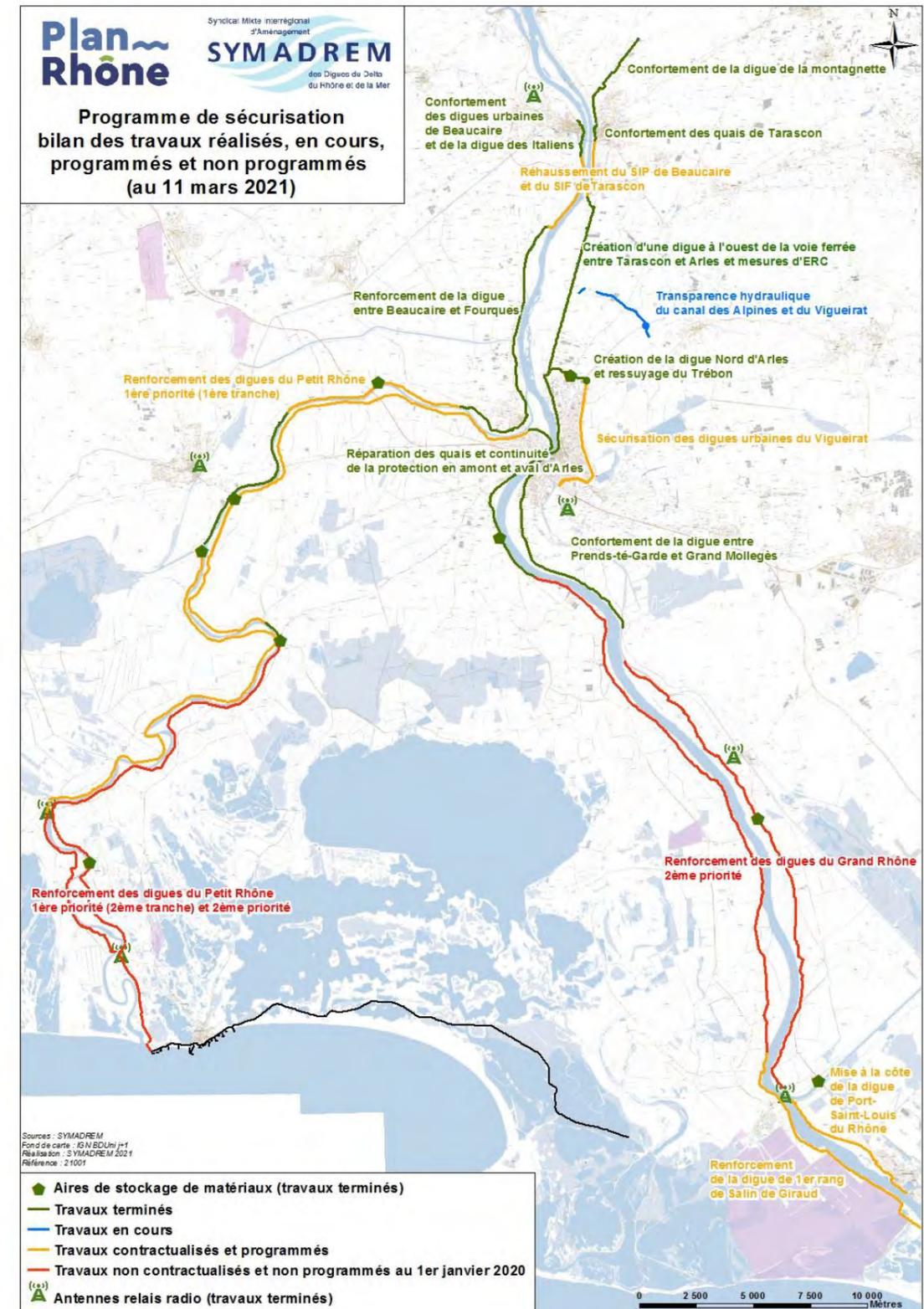


Figure 62. Plan Rhône – Bilan et perspectives des travaux (11 mars 2021)

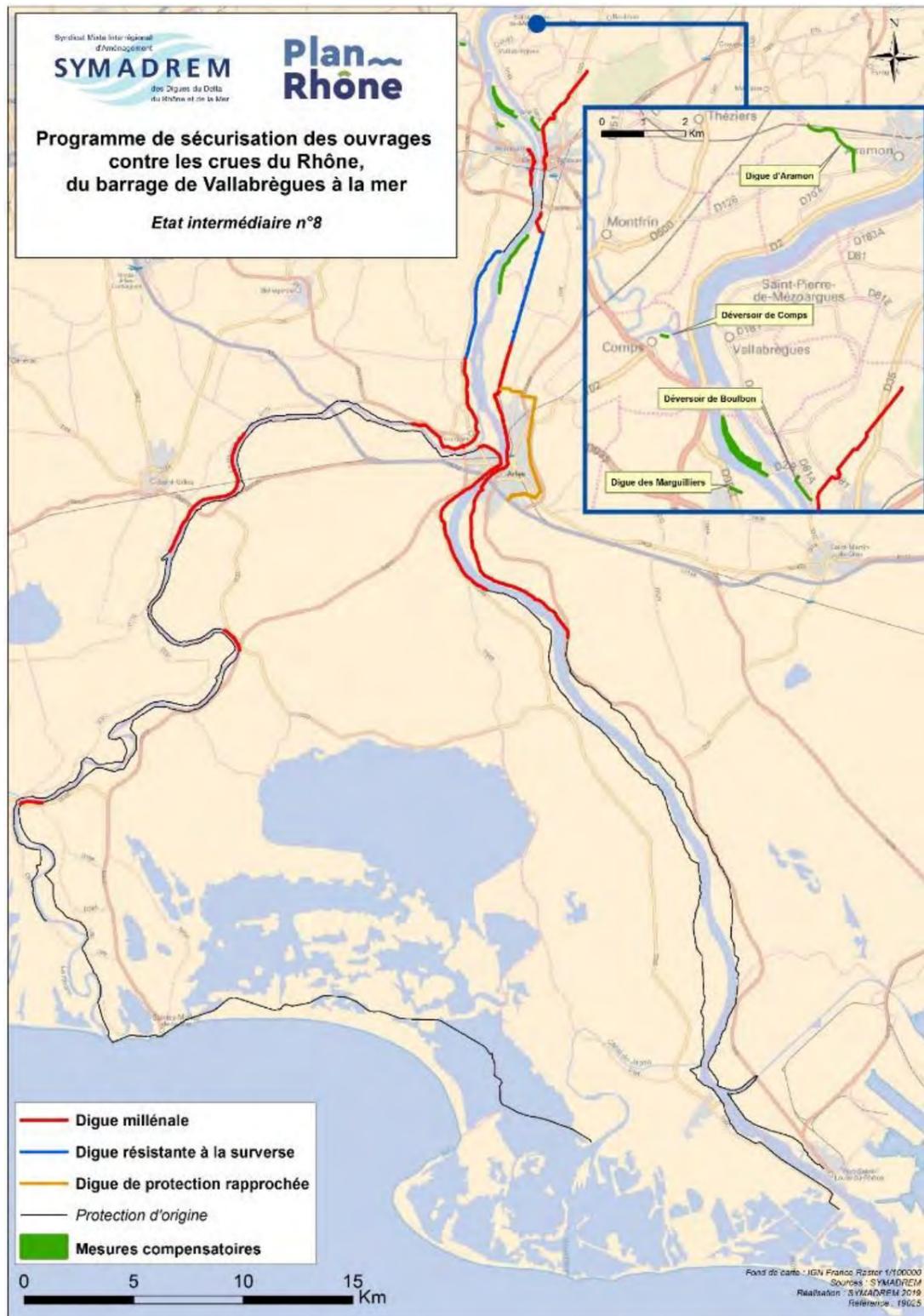


Figure 63. Etat actuel

7.2 PROBABILITES DE BRECHES DES SE DANS L'ETAT ACTUEL (B OU N°8)

Les probabilités de brèches évaluées dans le cadre des EDD, en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon sont indiquées par tronçon homogène constituant les trois systèmes d'endiguement fluviaux du delta du Rhône.

Les tableaux ci-après et ceux du chapitre suivant se lisent ainsi : Pour le tronçon GRG21

- pour une crue dont le débit atteint 7500 m³/s à Beaucaire/Tarascon, la probabilité de brèche est inférieure ou égale à 5 %. Pour une crue à 8500 m³/s, elle est comprise entre 5 et 15 %. Le niveau de sûreté est donc de 7500 m³/s.
- Pour une crue de 9500 m³/s, la probabilité de brèche est inférieure ou égale à 50 %. Elle est supérieure à 50 % pour une crue de 10 500 m³/s. Le niveau de danger est donc de 9 500 m³/s, soit en dessous de la cote de l'ouvrage qui serait atteinte pour une crue de 14160 m³/s (niveau de submersion).

Les couleurs utilisées correspondent à l'échelle de probabilités et la qualification verbale associée suivantes, inspirée de Vick 2002.

Tableau 29. Echelle de probabilités et qualification verbale retenues

Probabilité de brèche P	Qualification verbale
P < 1 %	Impossible à très peu probable
1 % < P < 5 %	Très peu probable
5 % < P < 15 %	Peu probable
15 % < P < 40 %	Peu probable à possible
40 % < P < 70 %	Possible à probable
70 % < P < 90 %	Très probable
P > 90 %	Quasiment certain

Tableau 30. Etat B rive gauche - probabilité de brèche en fonction du débit Qx à Beaucaire/Tarascon (x en m³/s)

SE RG	Libellé	Q7500	Q8500	Q9500	Q10500	Q11500	Q12500	Q14160
RG01	Montagnette Nord	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG02	Montagnette ville	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG03	Quais amont Tarascon	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG04	Château Tarascon	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG05	Quais aval Tarascon	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG06	SIF Tarascon	< 1 %	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15-40 %
RG07	Palplanches Fibre Excellence	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG08	Digue millénaire Nord	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG09	Digue résistante à la surverse	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG10	Digue millénaire Sud	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG11	Mas Mollin	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG12	SIP Arles	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RG13	Protection des ségonnaux	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG14	Quais d'Arles	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG15	Protection IRPA	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG16	Ecluse Arles	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG17	Barriol	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG18	Sud d'Arles	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG19	Digue route RD35	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG20	Gallignan / Mas Thibert	< 1 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %
GRG21	Mas Thibert / Boisviel	1 - 5 %	5 - 15 %	5 - 15 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
GRG22	Boisviel / Parade	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %
GRG23	Parade / Barcarin	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %
GRG24	Ecluse Barcarin	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRG25	Amont PSL	< 1 %	< 1 %	< 1 %	15 - 40 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %
GRG26	Bois François	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	40 - 70 %	70 - 90 %	>90 %	>90 %
GRG27	Centre-ville PSL	< 1 %	< 1 %	< 1 %	15 - 40 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %
GRG 28	Quais PSL							
Digue de 2^{ème} rang								
DN29	Digue Nord	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
DN30	Remblais Routier	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
VD31	Vigueirat Est	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %
VD31	Vigueirat Nord Fourchon	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
VG32	Vigueirat Sud Fourchon	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

Tableau 31. Etat B rive droite - probabilité de brèche en fonction du débit Qx à Beaucaire/Tarascon (x en m³/s)

SE RD	Libellé	Q7500	Q8500	Q9500	Q10500	Q11500	Q12500	Q14160
RD01	Banquette, Vierge, Musoir et Ecluse de Beaucaire	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RD02	Embouquement Ecluse Beaucaire & Digue des Italiens	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RD03	Remblai du Site Industriel-Portuaire de Beaucaire	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	5 - 15 %
RD04	Digue Beaucaire-Fourques résistante à la surverse (RALS)	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
RD05	Station BRL à Pont Suspendu	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
PRD06	Pont Suspendu - Station de Tourette	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
PRD07	Station Tourette - Mas Petit Argence	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	15-40 %	40 - 70 %	70 - 90 %
PRD08	Digue de Petit Argence	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	5 - 15 %
PRD09	A54 - Station Grand Cabane	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	5 - 15 %	5 - 15 %	15 - 40 %
PRD10	Station Grand Cabane - Mas Berthaud	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	5 - 15 %
PRD11	Mas Berthaud - Mas Cavales	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %
PRD12	Mas Cavalès - Pont de St Gilles	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %
PRD13	Pont St Gilles - Ecluse de St Gilles	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %
PRD14	Embouquement Nord Ecluse St Gilles	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
PRD15	Embouquement Sud Ecluse St Gilles	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %
PRD16	Ecluse St Gilles - Mas Versadou	< 1 %	5 - 15 %	5 - 15 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRD17	Mas Versadou- mas Cérier (digue rals projetée)	< 1 %	5 - 15 %	5 - 15 %	15 - 40 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRD18	Mas Cérier - Mas la Fosse	< 1 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRD19	Mas La Fosse- Mas Marignan (digue rals projetée)	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRD20	Mas Marignan - Mas La Motte	1 - 5 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRD21	Mas La Motte - Mas Claire Farine	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %
PRD22	Digue Claire Farine	< 1 %	5 - 15 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
PRD23	Mas Claire Farine – Mas Neuf de Capette	1 - 5 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRD24	Mas Neuf de Capette - Sylvéreal	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %
PRD25	Remblai Sylvéreal (future digue)	< 1 %	1 - 5 %	5 - 15 %	5 - 15 %	5 - 15 %	5 - 15 %	5 - 15 %
PRD26	Digue de Sylvéreal	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
PRD27	Sylvéreal - Mas du Juge	1 - 5 %	70 - 90 %	70 - 90 %	>90 %	>90 %	>90 %	>90 %
PRD28	Mas du juge - Pin Fourcat	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %
PRD29	Pin Fourcat	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
PRD30	RD 85	< 1 %	5 - 15 %	5 - 15 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %

Tableau 32. Etat B Camargue insulaire - probabilité de brèche en fonction du débit Qx à Beaucaire/Tarascon (x en m³/s)

SE CI	Libellé	Q7500	Q8500	Q9500	Q10500	Q11500	Q12500	Q14160
PRG01	Trinquetaille	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRG02	Cazeneuve-Augéry	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %	>90 %
PRG03	Beaumont	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
PRG04	Beaumont-Cavalès	1 - 5 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %	>90 %
PRG05	Cavalès - St Gilles	1 - 5 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	>90 %	>90 %
PRG06	St-Gilles - Figarès	1 - 5 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRG07	digue résistante à la surverse	< 1 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	70 - 90 %	70 - 90 %
PRG08	Galante - Albaron	1 - 5 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %
PRG09	Albaron	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
PRG10	Albaron-Eymini	1 - 5 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
PRG11	Eymini-Sénebie	1 - 5 %	5 - 15 %	5 - 15 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
PRG12	Sénebie	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
PRG13	Sénebie-Icard	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %
PRG14	Mas d'Icard - Bac	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15 - 40 %
PRG15	Aval Bac Sauvage	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	5 - 15 %	5 - 15 %
PRG16	Port Dromar	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	5 - 15 %	5 - 15 %
PRG17	Port l'Amarée	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	5 - 15 %	40 - 70 %	70 - 90 %
PRG18	L'Amarée	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %
PRG19	Embouchure	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	5 - 15 %
D1	Défluent	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRD01	Quais	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRD02	Papeteries Etienne	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRD03	Emmaus	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRD04	Passeron-Monlong	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRD05	Monlong	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
GRD06	Montlong-Beaujeu	< 1 %	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
GRD07	Beaujeu-l'Armelière	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %
GRD08	Armelière- Commanderie	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	40 - 70 %
GRD09	Commanderie-Bois Verdun	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
GRD10	Bois Verdun-Chartrouse	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
GRD11	Chartrouse-Louisiane	< 1 %	1 - 5 %	1 - 5 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %	40 - 70 %
GRD12	Louisiane-'Esquineau	1 - 5 %	5 - 15 %	40 - 70 %	40 - 70 %	70 - 90 %	>90 %	>90 %
GRD13	Esquineau-Palissade	1 - 5 %	1 - 5 %	5 - 15 %	15 - 40 %	15 - 40 %	40 - 70 %	40 - 70 %

7.3 NIVEAUX CARACTERISTIQUES DES SE DANS L'ETAT ACTUEL (ETAT B OU N°8)

Dans l'état actuel ou autorisé en ce qui concerne la rive gauche, les niveaux de sûreté, de protection, de danger et de submersion des ouvrages, figurent dans les tableaux ci-après. Les définitions techniques de ces niveaux figurent au §.6.2. du volume I du rapport.

Le système d'endiguement fluvial « rive gauche » est constitué :

- dans sa partie amont : RG 01 à GRG 19 (à l'exception du SIF de Tarascon), de digues sécurisées dans le cadre du Plan Rhône,
- dans sa partie aval : GRG 25 à 27, de digues ayant fait l'objet de travaux de confortement à la cote identique post-crues 1993-2003, qui nécessitent d'être mises à la cote dans le cadre du Plan Rhône,
- et dans sa partie médiane : GRG 20 à 24 de digues du XIX^{ème} siècle rendues carrossables en 2010.

Le système d'endiguement fluvial « rive droite » est constitué de :

- digues qui ont été sécurisées dans le cadre du Plan Rhône. Elles sont situées entre Beaucaire et Fourques : RD01 à PRD 06 et entre le Mas de Berthaud et l'écluse de Saint-Gilles : PRD11 à 14,
- digues ayant fait l'objet de travaux de confortement post-crue 2003, qui nécessitent d'être mises à la cote dans le cadre du plan Rhône : PRD 07 à 10 ;
- de digues du XIX^{ème} siècle, rendues carrossables en 2010 et 2015 : PRD 15 à 30.

Deux digues résistantes à la surverse ont également été créée entre respectivement Tarascon et Arles et Beaucaire et Fourques. Elles contiennent la crue centennale du Rhône et résiste à la surverse jusqu'à la crue millénale du Rhône. A l'exception de ces digues, qui ont un niveau de protection inférieur à leur niveau de sûreté, tous les autres tronçons ont un niveau de sûreté confondu avec leur niveau de protection.

Le système d'endiguement fluvial « Camargue insulaire » est constitué de :

- digues qui ont été sécurisées dans le cadre des travaux d'urgence de 1998, du programme des invariants et du plan Rhône. Ce sont les tronçons PRG 03 ; 09 et 12 ; D1 et GRD 01 à 05 ,
- de digues du XIX^{ème} siècle, rendues carrossables en 2010 et 2015 : tous les autres tronçons.

Dans ce système qui ne dispose pas de tronçon de digue résistant à la surverse, le niveau de protection des ouvrages est confondu avec le niveau de sûreté, l'inondation de la zone protégée ne peut s'effectuer que par brèche. Pour les tronçons sécurisés et résistants à la crue exceptionnelle du Rhône, la probabilité de surverse sur les ouvrages étant sensiblement inférieure à la probabilité de la crue exceptionnelle elle-même, cette hypothèse n'a pas été prise en compte.

Les cartes en pages suivantes illustrent, dans l'état actuel, les niveaux respectivement de sûreté, de protection, de danger et de submersion des tronçons homogènes constituant les trois systèmes d'endiguement fluviaux.

Tableau 33. Etat B rive gauche - niveaux caractéristiques des tronçons du système d'endiguement

SE RG	Libellé	Niveau de sureté	Niveau de protection	Niveau de danger	Niveau de submersion
RG01	Digue de la Montagnette Nord	14160	14160	>> 14160	14160
RG02	Digue de la Montagnette ville	14160	14160	>> 14160	14160
RG03	Quais de Tarascon Nord	14160	14160	>> 14160	14160
RG04	Château de Tarascon	14160	14160	>> 14160	14160
RG05	Quais de Tarascon Sud	14160	14160	>> 14160	14160
RG06	SIF de Tarascon	10500	10500	14160	10500
RG07	Palplanches de Fibre Excellence	14160	14160	>> 14160	14160
RG08	Digue Millénales Nord de Tarascon-Arles	14160	14160	>> 14160	14160
RG09	Digue Résistante à la surverse de Tarascon-Arles	14160	11500	>> 14160	11500
RG10	Digue Millénales Sud de Tarascon-Arles	14160	14160	>> 14160	14160
RG11	Digue du Mas Mollin	14160	14160	>> 14160	14160
RG12	SIP Arles	14160	14160	>> 14160	14160
RG13	Protection des Ségonnaux	14160	14160	>> 14160	14160
GRG14	Quais d'Arles	14160	14160	>> 14160	14160
GRG15	Protection de l'IRPA	14160	14160	>> 14160	14160
GRG16	Ecluse d'Arles et embouquement	14160	14160	>> 14160	14160
GRG17	Digue de Barriol	14160	14160	>> 14160	14160
GRG18	Digue Sud d'Arles	14160	14160	>> 14160	14160
GRG19	Digue-route de la RD35	14160	14160	>> 14160	14160
GRG20	Digue de Gallignan à Mas Thibert	7500	7500	14160	14160
GRG21	Digue de Mas Thibert à Boisviel	7500	7500	9500	14160
GRG22	Digue de Boisviel à Parade	9500	9500	14160	14160
GRG23	Digue de Parade à Barcarin	7500	7500	9500	14160
GRG24	Ecluse de Barcarin et embouquements	14160	14160	>> 14160	14160
GRG25	Digue de Port Saint Louis Amont	9500	9500	10500	10500
GRG26	Digue de Port Saint Louis: Bois François	9500	9500	9500	9500
GRG27	Digue de Port Saint Louis: Vauban	9500	9500	10500	10500
GRG28	Quais de Port Saint Louis				
Digue de 2^{ème} rang					
DN29	Digue Nord	14160	14160	>> 14160	14160
DN30	Remblais Routier	14160	14160	>> 14160	14160
VD31	Vigueirat Est	14160	14160	>> 14160	14160
VD31	Vigueirat Nord Fourchon	14160	14160	>> 14160	14160
VG32	Vigueirat Sud Fourchon	14160	14160	>> 14160	14160

Tableau 34. Etat B rive droite - niveaux caractéristiques des tronçons du système d'endiguement

SE RD	Libellé	Niveau de sureté	Niveau de protection	Niveau de danger	Niveau de submersion
RD01	Banquette, Vierge, Musoir et Ecluse de Beaucaire	14160	14160	>> 14160	14160
RD02	Embouquement Ecluse Beaucaire & Digue des Italiens	14160	14160	>> 14160	14160
RD03	Remblai du Site Industriel-Portuaire de Beaucaire	12500	11500	14160	11500
RD04	Digue Beaucaire-Fourques résistante à la surverse (RALS)	14160	11500	>> 14160	11500
RD05	Station BRL à Pont Suspendu	14160	14160	>> 14160	14160
PRD06	Pont Suspendu - Station de Tourette	14160	14160	>> 14160	14160
PRD07	Station Tourette - Mas Petit Argence	10500	10500	11500	12500
PRD08	Digue de Petit Argence	12500	12500	14160	14160
PRD09	A54 - Station Grand Cabane	10500	10500	14160	14160
PRD10	Station Grand Cabane - Mas Berthaud	12500	12500	14160	14160
PRD11	Mas Berthaud - Mas Cavales	14160	14160	>> 14160	14160
PRD12	Mas Cavales - Pont de St Gilles	14160	14160	>> 14160	14160
PRD13	Pont St Gilles - Ecluse de St Gilles	14160	14160	>> 14160	14160
PRD14	Embouquement Nord Ecluse St Gilles	14160	14160	>> 14160	14160
PRD15	Embouquement Sud Ecluse St Gilles	10500	10500	14160	14160
PRD16	Ecluse St Gilles - Mas Versadou	7500	7500	10500	10500
PRD17	Mas Versadou- mas Cérier (digue RALS projetée)	7500	7500	10500	10500
PRD18	Mas Cérier - Mas la Fosse	7500	7500	10500	10500
PRD19	Mas La Fosse- Mas Maignan (digue RALS projetée)	7500	7500	9500	10500
PRD20	Mas Maignan - Mas La Motte	7500	7500	8500	14160
PRD21	Mas La Motte - Mas Claire Farine	7500	7500	9500	14160
PRD22	Digue Claire Farine	7500	7500	11500	14160
PRD23	Mas Claire Farine - Mas Neuf de Capette	7500	7500	8500	10500
PRD24	Mas Neuf de Capette - Sylvéreal	7500	7500	14160	14160
PRD25	Remblai Sylvéreal (future digue)	ND	7500	ND	7500
PRD26	Digue de Sylvéreal	7500	7500	9500	14160
PRD27	Sylvéreal - Mas du Juge	7500	7500	7500	7500
PRD28	Mas du juge - Pin Fourcat	7500	7500	14160	14160
PRD29	Pin Fourcat	14160	14160	14160	14160
PRD30	RD 85	7500	7500	14160	14160

Tableau 35. Etat B Camargue insulaire - niveaux caractéristiques des tronçons du système d'endiguement

SE CI	Libellé	Niveau de sureté	Niveau de protection	Niveau de danger	Niveau de submersion
PRG01	Trinquetaille	9500	9500	10500	14160
PRG02	Cazeneuve-Augéry	7500	7500	9500	12500
PRG03	Beaumont	14160	14160	>> 14160	14160
PRG04	Beaumont-Cavalès	7500	7500	8500	11500
PRG05	Cavalès - St Gilles	7500	7500	8500	11500
PRG06	St-Gilles - Figarès	7500	7500	8500	14160
PRG07	future digue résistante à la surverse (Figarès)	7500	7500	8500	10500
PRG08	La Galante - Albaron	7500	7500	8500	14160
PRG09	Albaron	14160	14160	>> 14160	14160
PRG10	Albaron-Eymini	7500	7500	9500	14160
PRG11	Eymini-Sénebier	7500	7500	11500	14160
PRG12	Sénebier	14160	14160	14160	14160
PRG13	Sénebier-Icard	7500	7500	14160	14160
PRG14	Mas d'Icard - Bac	7500	7500	14160	14160
PRG15	Aval Bac du Sauvage	ND	8500	ND	14160
PRG16	Port Dromar	ND	8500	ND	14160
PRG17	Port l'Amarée	ND	8500	ND	12500
PRG18	L'Amarée	ND	8500	ND	14160
PRG19	Embouchure	ND	8500	ND	14160
D1	Défluent	14160	14160	>> 14160	14160
GRD01	Quais	14160	14160	>> 14160	14160
GRD02	Papeteries Etienne	14160	14160	>> 14160	14160
GRD03	Emmaus	14160	14160	>> 14160	14160
GRD04	Passeron-Monlong	14160	14160	>> 14160	14160
GRD05	Monlong	14160	14160	>> 14160	14160
GRD06	Montlong-Beaujeu	8500	8500	10500	14160
GRD07	Beaujeu-l'Armelière	10500	10500	12500	14160
GRD08	L'Armelière-la Commanderie	10500	10500	14160	14160
GRD09	La Commanderie-Bois Verdun	9500	9500	12500	14160
GRD10	Bois Verdun-Chartrouse	9500	9500	11500	14160
GRD11	Chartrouse-La Louisiane	9500	9500	11500	14160
GRD12	La Louisiane-L'Esquineau	7500	7500	9500	9500
GRD13	L'Esquineau-Palissade	14160	10500	>> 14160	10500

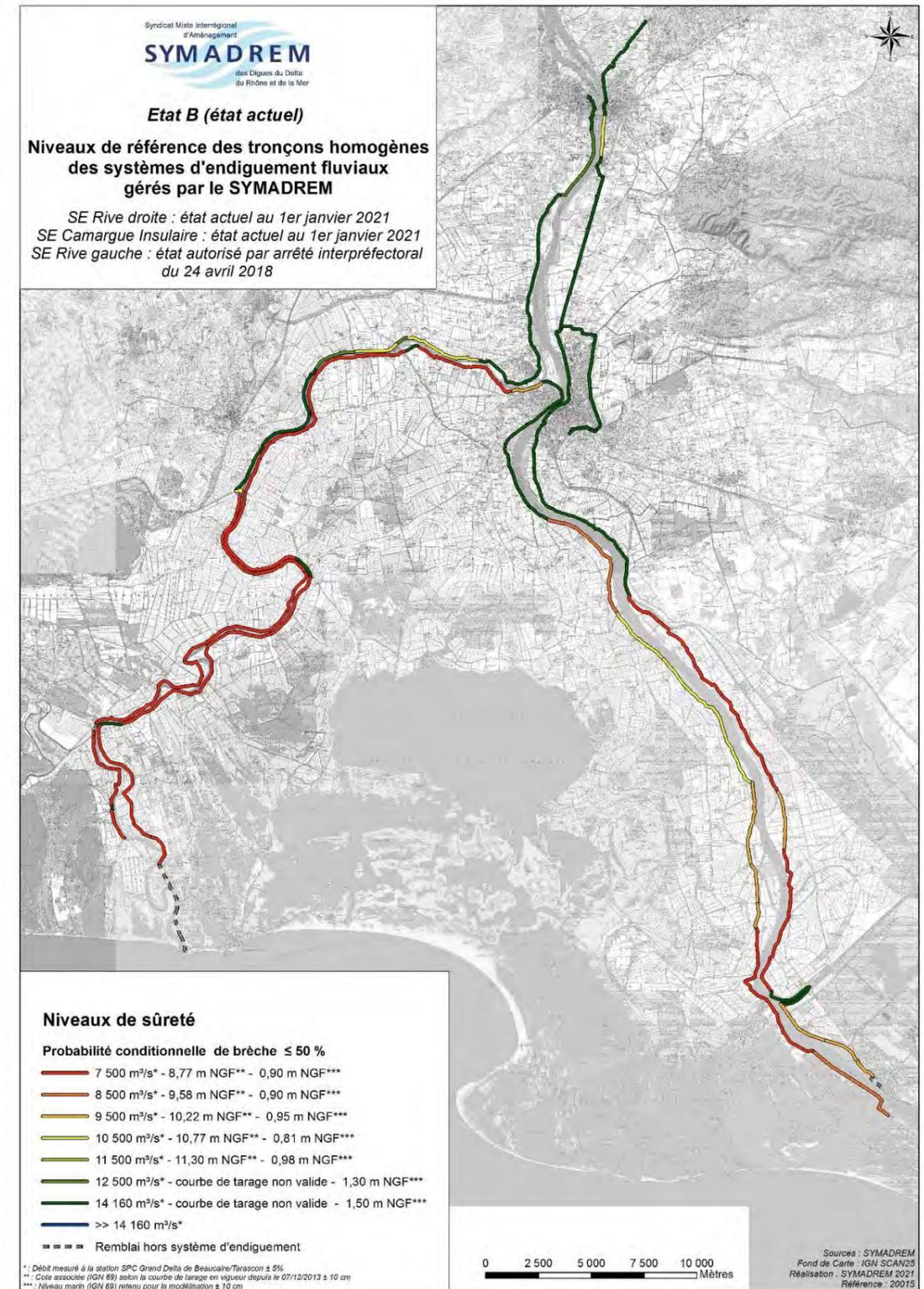


Figure 64. Etat B - systèmes d'endiguement fluviaux delta du Rhône – niveaux de sureté des ouvrages

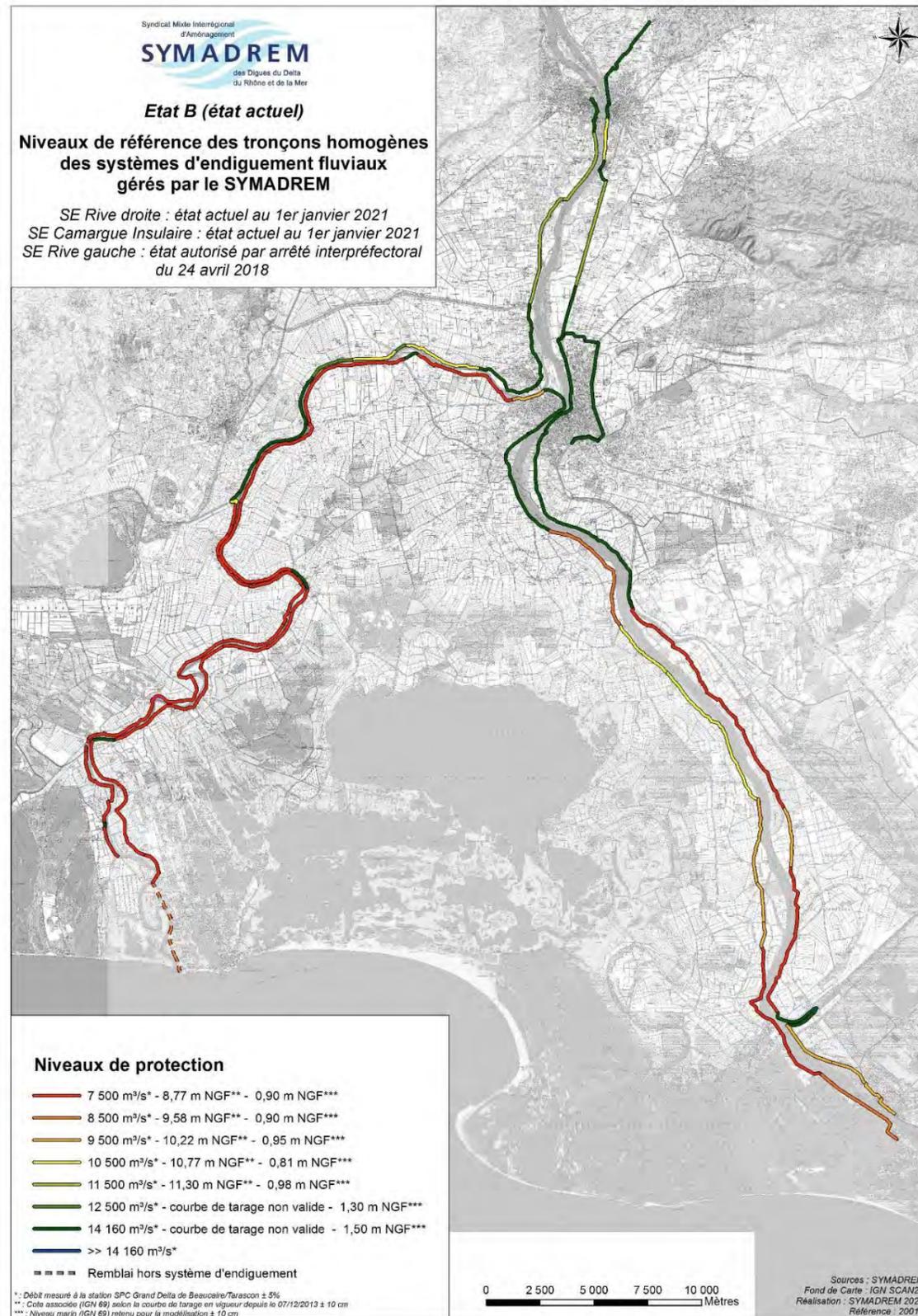


Figure 65. Etat B - systèmes d'endiguement fluviaux delta du Rhône – niveaux de protection des ouvrages

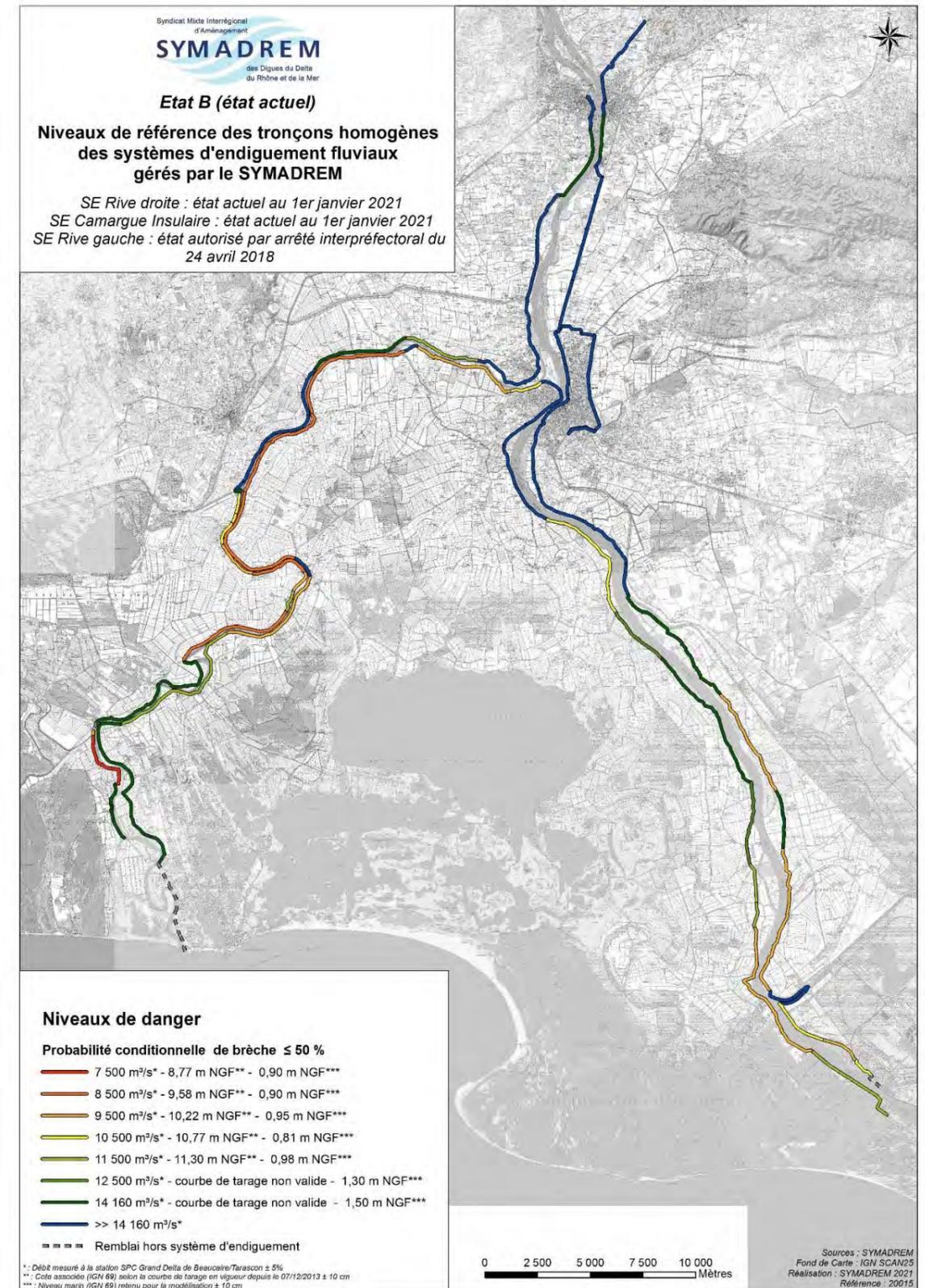


Figure 66. Etat B - systèmes d'endiguement fluviaux delta du Rhône – niveaux de danger des ouvrages



Figure 67. Etat B - systèmes d'endiguement fluviaux delta du Rhône – niveaux de submersion des ouvrages

7.4 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié.

Le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».

Conformément à la réglementation, pour une crue donnée :

- si la probabilité de brèche est inférieure ou égale à 5 %, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) sont alors modélisées, soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'est prise en compte.
- si la probabilité de brèche est supérieure à 5 %, des entrées d'eau par brèche sont modélisées que le niveau soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

Le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle qui est réputée liée à la défaillance d'un dispositif de régulation des écoulements hydrauliques (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... ».

Le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... »

Conformément à la réglementation, pour une crue donnée :

- si la probabilité de brèche est inférieure ou égale à 50 %, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) sont alors modélisées, soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'est prise en compte.
- si la probabilité de brèche est supérieure à 50 %, des entrées d'eau par brèche sont modélisées que le niveau soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

Les scénarios n°1 et n°3 sont traités dans cette partie. La cartographie du scénario n°2 n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³) en cas de défaillance des organes de fermeture. Plus de détails figurent dans les études de dangers.

Les cartes de synthèse relatives aux scénarios n°1 et n°3 en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon figurent en annexes 3 à 9.

7.5 FONCTIONNEMENT NOMINAL & PROBABLE A CERTAIN POUR UNE CRUE 7500

Pour une crue, dont le débit atteint un débit de 7500 m³/s ± 5 % à la station Beaucaire/Tarascon gérée par le service prévision des crues grand delta (cote atteinte selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 de 8,77 m NGF ± 10 cm) conjugué à un niveau marin de 0,9 m NGF ± 10 cm, le fonctionnement des systèmes d'endiguement est le suivant.

Les probabilités de brèche dans les digues du delta du Rhône sont toutes inférieures à 5 %.

Le fonctionnement nominal (scénario EDD n°1) et le fonctionnement probable à certain (scénario EDD n°3) sont donc identiques.

L'ensemble de la zone protégée est hors d'eau vis à vis des inondations du Rhône. (cf. carte de l'annexe 3 réduite ci-dessous).

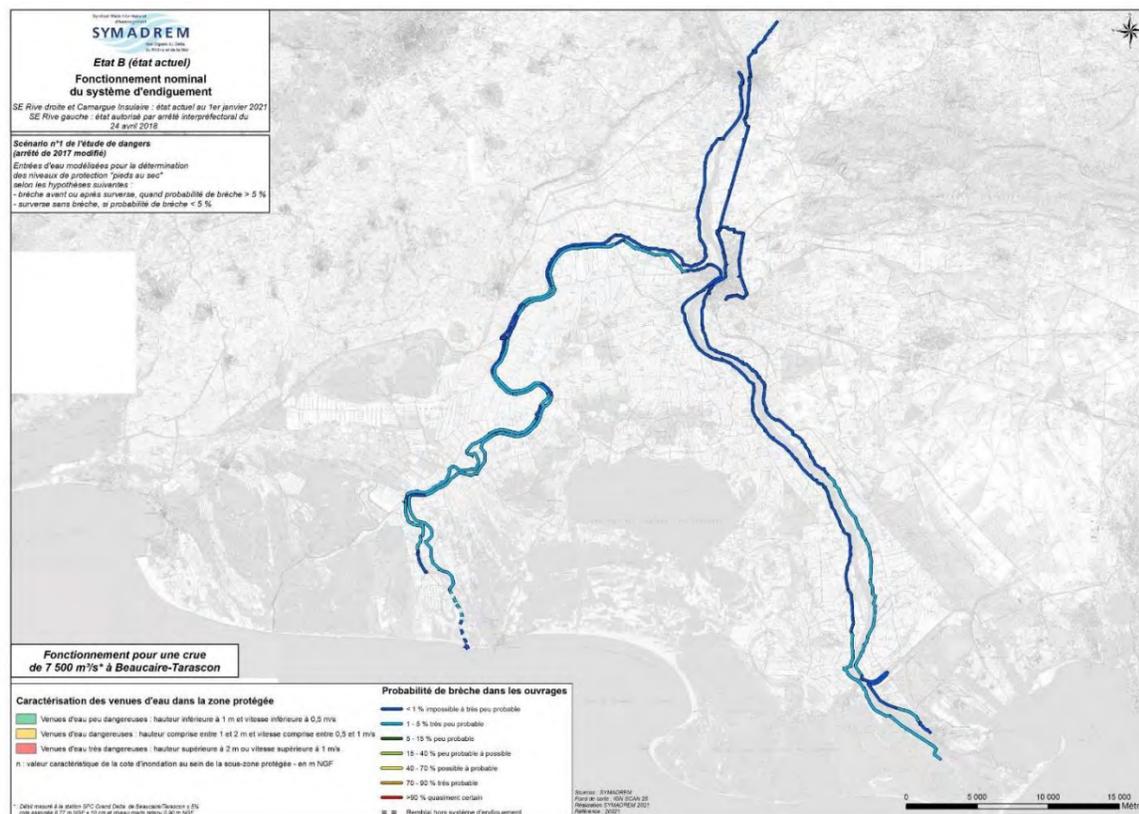


Figure 68. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°1 pour une crue de 7500 m³/s à Beaucaire/Tarascon

7.6 FONCTIONNEMENT NOMINAL & PROBABLE A CERTAIN POUR UNE CRUE 8500

Pour une crue, dont le débit atteint un débit de 8500 m³/s ± 5 % à la station Beaucaire/Tarascon gérée par le service prévision des crues grand delta (cote atteinte selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 de 9,58 m NGF ± 10 cm) conjugué à un niveau marin de 0,9 m NGF ± 10 cm, le fonctionnement des systèmes d'endiguement est le suivant.

En rive gauche, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive gauche et du Grand Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RG 01) jusqu'à la digue route de la RD35 au sud d'Arles (GRG 19),
- supérieures à 5 %, entre Galignan (GRG 20) et Barcarin (GRG23) à l'exception de Boisviel (GRG 22). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- inférieures à 1 % en aval de Barcarin (GRG 24 à 27), à l'exception de la digue de Bois-François (GRG 26), pour laquelle, elles sont comprises entre 1 et 5 %,
- inférieures à 1 % sur la digue de 2^{ème} rang ceinturant le centre-ville d'Arles.

En rive droite, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive droite et du petit Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RD 01) jusqu'à l'écluse de Saint-Gilles (PRD 15) à l'exception des tronçons PRD10 et 12, pour lesquels, elles sont comprises entre 1 et 5 %,
- supérieures à 5 % sur les autres tronçons du système. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. Les seules entrées d'eau à prendre en compte sont les surverses sans brèche en aval de Sylvérial, mais elles sont équivalentes aux entrées d'eau par brèche dans cette partie du fleuve.

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans les digues du Petit Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 5 % sur les digues de Trinquetaille (PRG01), de Beaumont (PRG03), d'Albaron (PRG09), de Sénébier (PRG12) et sur les remblais en aval du Bac du Sauvage (PRG 15 à 19),
- supérieures à 5 % sur les autres tronçons du système. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par

brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

En **Camargue Insulaire**, les probabilités de brèche dans la digue du défluent et les digues du Grand Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (D1-GRD01) à Petite Montlong (GRD05),
- comprises majoritairement entre 1 et 5 % entre Montlong et la Louisiane (GRD11) en amont de Salin de Giraud ,
- supérieures à 5 % au droit de Salin de Giraud (GRD 12). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- comprises entre 1 et 5 % en aval de Salin de Giraud (GRD13).

Le volume du lâcher d'eau pour cette gamme de crue a été estimé sur la base du retour d'expérience de la brèche de Ventabren en novembre 2016 sans prise en compte de l'intervention d'urgence du SYMADREM, qui a permis de fermer la brèche en trois heures. Selon ces hypothèses, le volume de lâcher d'eau est estimé à 250 000 m³. Ce volume peut faiblement varier entre les ouvrages mais constitue l'ordre de grandeur recherché. Il est très sécuritaire puisque dans la réalité, il a été estimé proche de 30 000 m³.

Les cartes relatives aux zones « pieds secs » et caractérisant la dangerosité des venues d'eaux (sans prise en compte du MNT de la BDT Rhône) de l'annexe 4 figurent en format réduit ci-dessous. Les venues d'eau sont toutes considérées comme non dangereuses à l'exception de l'environnement proche de la digue compte tenu des vitesses supérieures à 0,5 m/s juste en aval des brèches. En aval de Sylvéreal, les venues d'eau sont considérées comme dangereuses compte tenu du déversement généralisé.

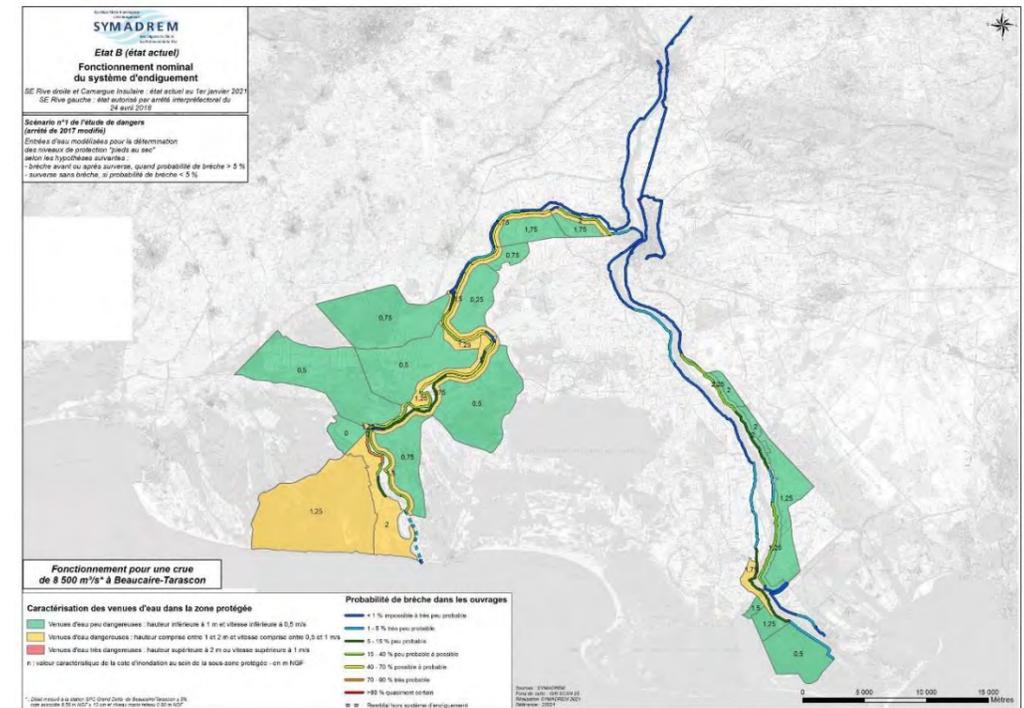


Figure 69. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°1 pour une crue de 8500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

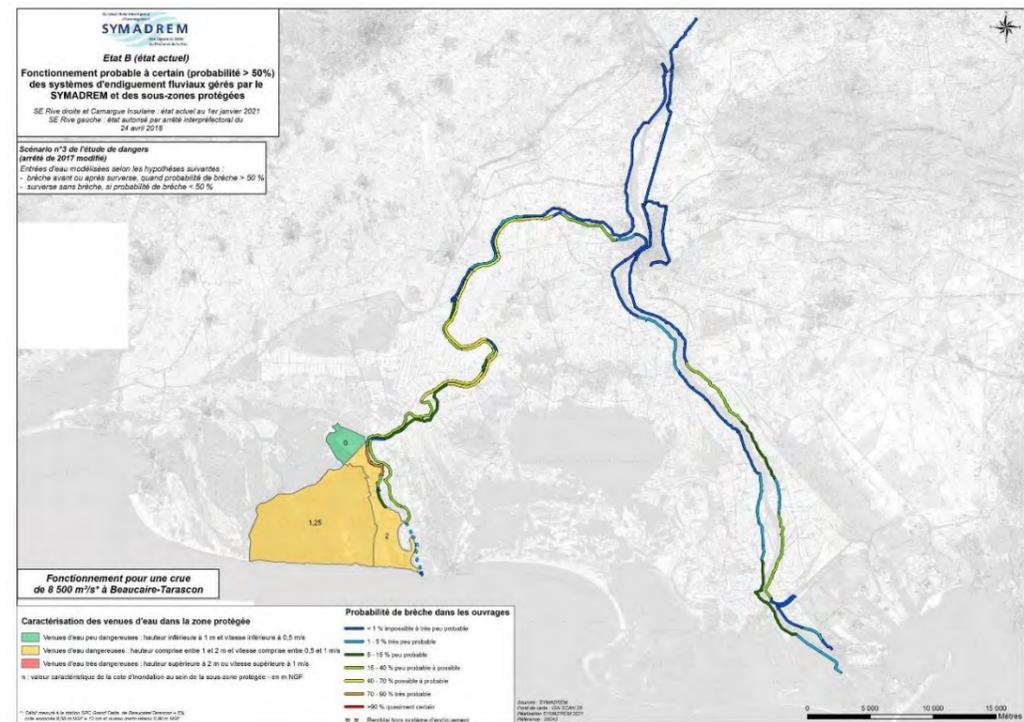


Figure 70. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°3 pour une crue de 8500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

7.7 FONCTIONNEMENT NOMINAL & PROBABLE A CERTAIN POUR UNE CRUE 9500

Pour une crue, dont le débit atteint un débit de 9500 m³/s ± 5 % à la station Beaucaire/Tarascon gérée par le service prévision des crues grand delta (cote atteinte selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 de 10,22 m NGF ± 10 cm) conjugué à un niveau marin de 0,95 m NGF ± 10 cm, le fonctionnement des systèmes d'endiguement est le suivant.

En rive gauche, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive gauche et du Grand Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RG 01) jusqu'à la digue route de la RD35 au sud d'Arles (GRG 19),
- supérieures à 5 %, entre Gallignan (GRG 20) et Barcarin (GRG23) à l'exception de Boisviel (GRG 22). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- inférieures à 1 % en aval de Barcarin (GRG 24 à 27), à l'exception de la digue de Bois-François (GRG 26), pour laquelle, elles sont comprises entre 1 et 5 %,
- inférieures à 1 % sur la digue de 2^{ème} rang ceinturant le centre-ville d'Arles.

En rive droite, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive droite et du petit Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RD 01) jusqu'à Petit Argence (PRD 08) ;
- comprises entre 1 et 5 % entre l'A54 (PRD09) et le pont de Saint-Gilles (PRD12) ;
- inférieures à 1 % entre le pont de Saint-Gilles (PRD13) et l'écluse (PRD15) ;
- supérieures à 5 % sur les autres tronçons du système. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (PRD 20 & PRD 23), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans les digues du Petit Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 5 % sur les digues de Trinquetaille (PRG01), de Beaumont (PRG03), d'Albaron (PRG09), de Sénébier (PRG12) et sur les remblais en aval du Bac du Sauvage (PRG 15 à 19),
- supérieures à 5 % sur les autres tronçons du système. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur la partie amont du système entre l'autoroute A54 et Albaron, les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement

probable à certain. Sur la partie en aval d'Albaron, le niveau de danger n'est pas dépassé, aucune entrée d'eau n'est à considérer pour le scénario n°3.

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans la digue du défluent et les digues du Grand Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (D1-GRD01) à Petite Montlong (GRD05),
- supérieures à 5 % de Petite Montlong à Beaujeu (GRD06). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- comprises entre 1 et 5 % entre Beaujeu (GRD07) et la Louisiane (GRD11) en amont de Salin de Giraud ,
- supérieures à 5 % au droit et en aval de Salin de Giraud (GRD 12 & 13). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

En rive gauche, deux scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un au droit du lieu-dit de l'Atilon et un au droit du Mas de Parade. Ces scénarios d'inondation par brèche avant surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 mais non pris en compte pour le scénario n°3.

La figure ci-après illustre ces deux modélisations. On se reportera au chapitre 8 de l'étude de dangers pour plus de détails. Les modélisations correspondent à des volumes de déversement respectivement de 65 et 90 millions de m³.

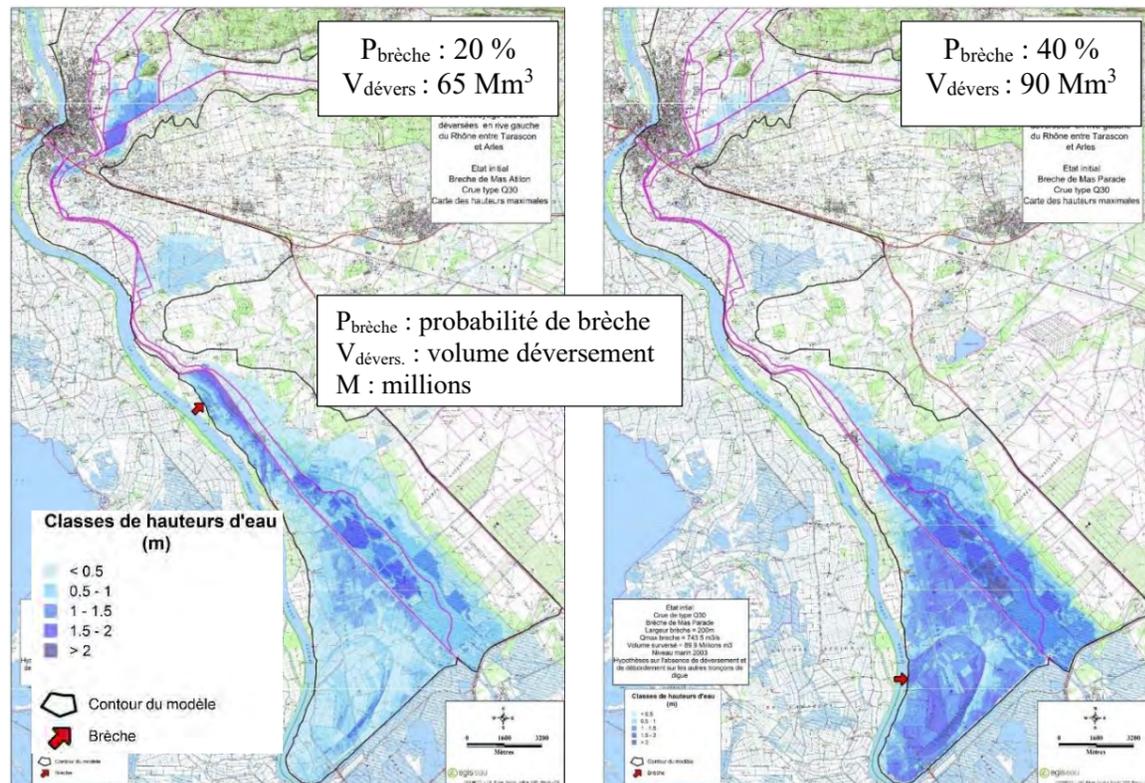


Figure 71. RG : modélisations de brèches Atilon et Parade en rive gauche pour une crue à 9500 m³/s

En rive droite, aucune modélisation n'a été réalisée pour cette gamme de crue. Le retour d'expérience accidentologique (Cf. chapitre 6 de l'étude de dangers) donne deux inondations pour cette gamme de crue. Celle d'octobre 1993 avec un volume de déversement de 130 millions de m³ en Camargue insulaire et celle de novembre 2002 avec un volume de déversement de 2 millions de m³ en Camargue gardoise. Celle d'octobre 1993 n'est pas représentative d'un fonctionnement attendu. Les digues n'étaient plus entretenues depuis un grand nombre d'années. Elles n'étaient pas accessibles. Les riverains et les services de l'Etat ont détecté relativement tôt la fuite initiatrice de la brèche, mais n'ont pas pu intervenir tant, lors du processus de formation, que lors de la phase d'élargissement (Cf. chapitre 6 de l'étude de dangers).

L'inondation causée par la brèche de novembre 2002 semble beaucoup plus proche d'un scénario plausible. Par sécurité et compte tenu des incertitudes, nous avons estimé le volume de déversement attendu pour cette gamme de crue 10 à 15 fois celui constaté en 2002. Pour estimer l'étendue de l'inondation correspondant à environ 20 à 30 millions de m³, les hydrogrammes des brèches du Petit Rhône aval pour une crue à 10500 m³/s ont été exploités. Pour les brèches du Petit Rhône aval, le volume déversé 12 heures après l'accident correspond à 32 millions de m³ pour la brèche de la Fosse et à 38 millions de m³ pour la brèche de Capette. Pour la Camargue Saintoise, la ligne d'eau la crue 9500 est quasiment identique à celle de 10500. On retiendra pour le scénario de brèche à Sylvéreal le même scénario que pour la crue 10500.

Les enveloppes d'inondations à 12 heures pour les deux premières brèches figurent ci-dessous.

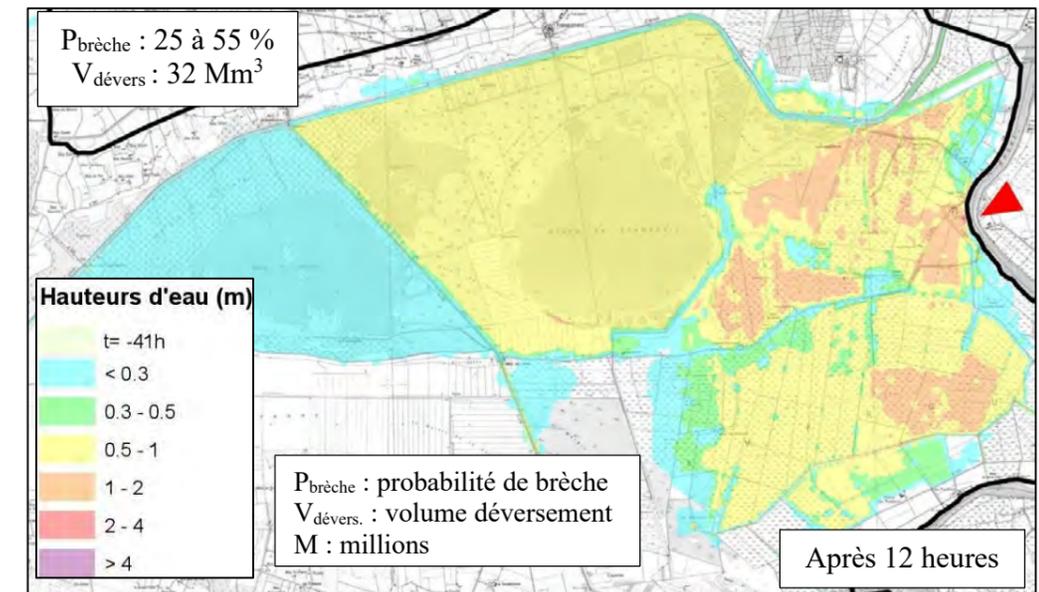


Figure 72. RD : modélisation la brèches La Fosse retenue pour une crue à 9500 m³/s

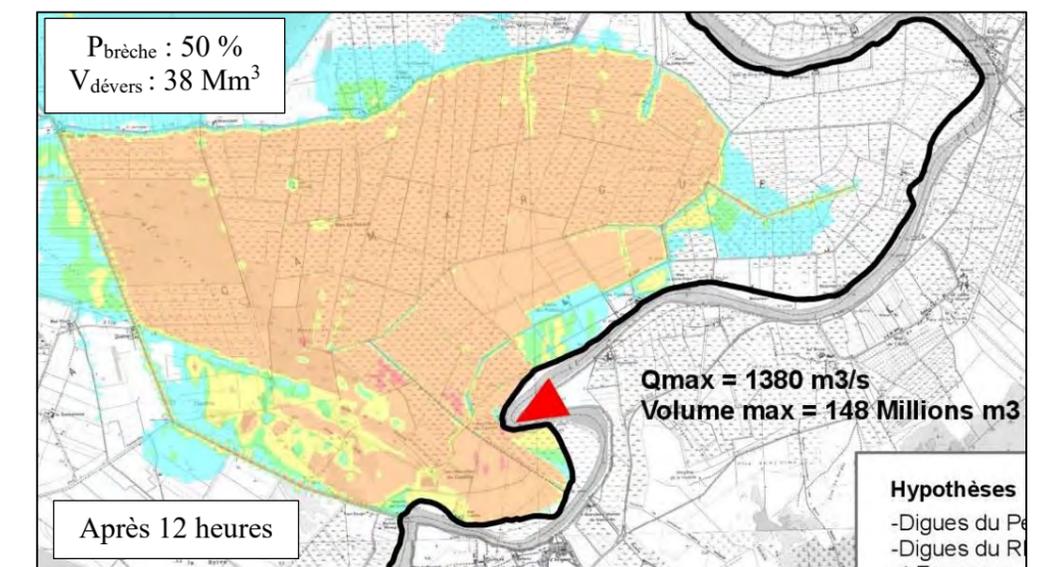


Figure 73. RD : modélisation la brèche Capette retenue pour une crue à 9500 m³/s

Ces deux scénarios d'inondation par brèche avant surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 et pour le scénario n°3.

A l'instar de la rive droite, pour une crue atteignant un débit de 9500 m³/s à Beaucaire/Tarascon, aucune modélisation n'a été réalisée pour la Camargue Insulaire. Pour estimer l'étendue de l'inondation correspondant à environ 20 millions de m³, les hydrogrammes des brèches du Petit Rhône pour une crue à 10500 m³/s ont été exploités. Sur le grand Rhône, les hydrogrammes de brèches relatifs à une crue à 11500 m³/s ont été exploités. Pour les brèches du Petit Rhône, le volume de 20 millions de m³ est atteint 12 heures après l'accident et pour les brèches du Grand Rhône, 6 heures après. Pour Salin de Giraud, les modélisations de la crue 10500 ont été retenues, compte tenu de ce les lignes d'eau pour les crues 9500 et 10500 sont très proches et de la durée de crue plus longue pour le scénario 9500. La figure ci-dessous illustre les enveloppes d'inondation 12 heures après les brèches du Petit Rhône pour une crue à 10500 m³/s, qu'on assimilera à l'enveloppe probable d'inondation pour des crues à 9500 m³/s.

Le scénario d'inondation par brèche en aval de Cazeneuve (cf. ci-dessous), compte tenu de sa probabilité pour la gamme de crue considérée, est pris en compte pour le scénario n°1 et non pris en compte pour le scénario n°3.

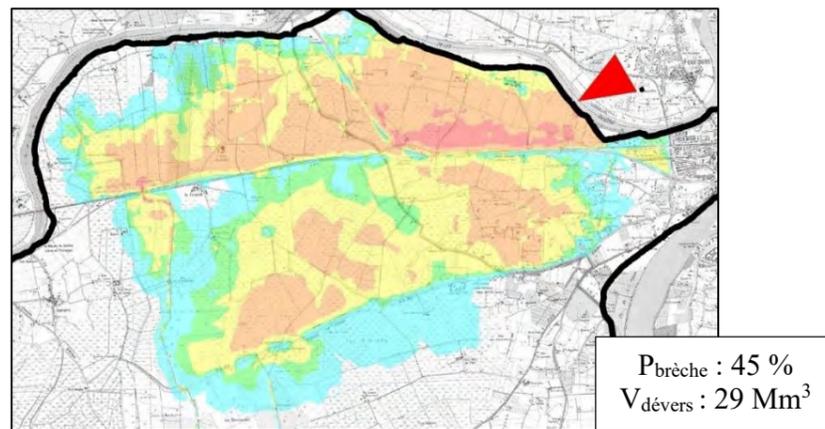


Figure 74. CI : modélisation la brèche aval Cazeneuve retenue pour une crue à 9500 m³/s

Les scénarios d'inondation par brèche de Saliers et de Figarès (cf. ci-après), compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 et pour le scénario n°3.

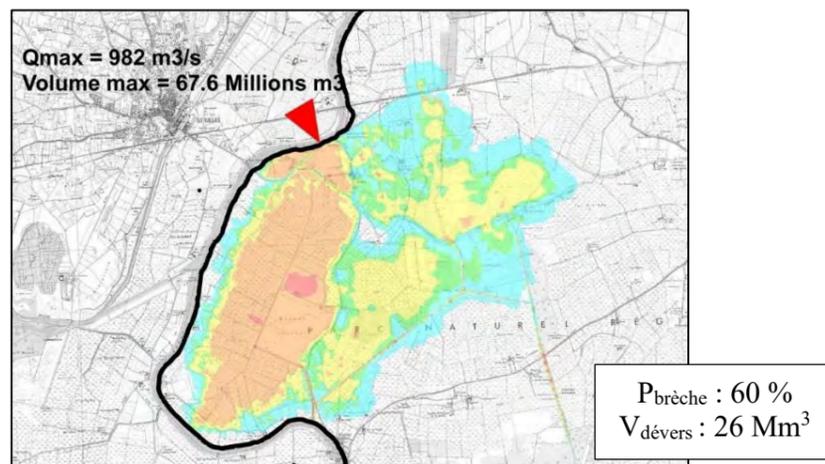


Figure 75. CI : modélisation la brèche de Saliers retenue pour une crue à 9500 m³/s

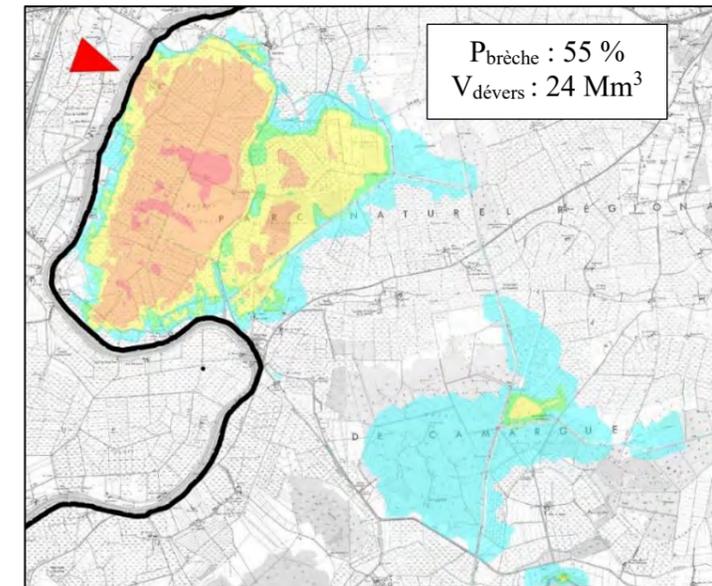
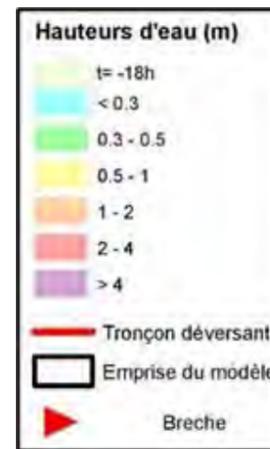


Figure 76. CI : modélisation la brèche de Figarès retenue pour une crue à 9500 m³/s

Le scénario d'inondation par brèche en aval d'Albaron (cf. ci-dessous), compte tenu de sa probabilité pour la gamme de crue considérée, est pris en compte pour le scénario n°1 et non pris en compte pour le scénario n°3.

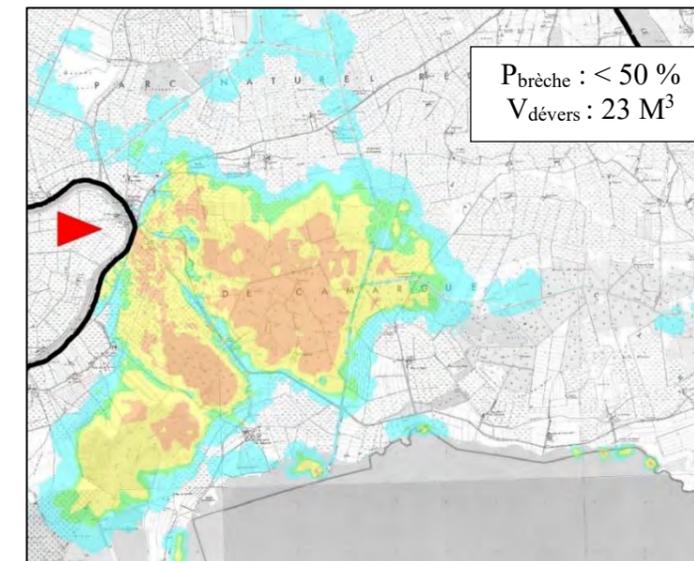


Figure 77. CI : modélisation la brèche aval Albaron retenue pour une crue à 9500 m³/s

Les deux figures ci-après illustrent les enveloppes d'inondation 6 heures après les brèches du Grand Rhône pour une crue à 11500 m³/s, qu'on assimilera à l'enveloppe probable d'inondation pour des crues à 9500 m³/s.

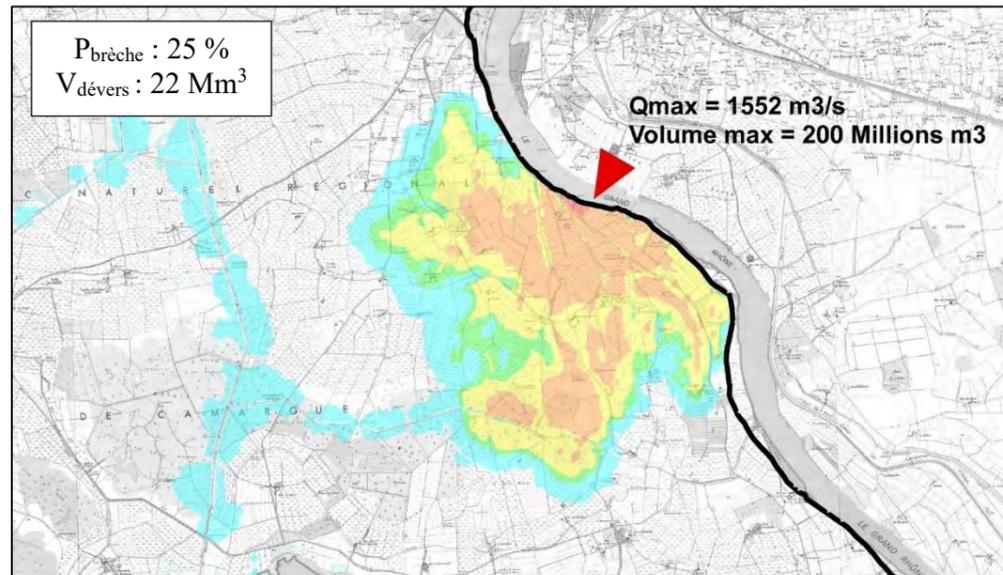


Figure 78. CI : modélisation la brèche Petite Montlong retenue pour une crue à 9500 m³/s



Figure 79. CI : modélisation la brèche Augery retenue pour une crue à 9500 m³/s

Ces deux scénarios d'inondation par brèche avant surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 et non pris en compte pour le scénario n°3.

Les cartes relatives aux zones « pieds secs » et caractérisant la dangerosité des venues d'eaux (sans prise en compte du MNT de la BDT Rhône) de l'annexe 5 figurent en format réduit ci-dessous.

Les venues d'eau sont toutes considérées comme dangereuses à l'exception de la partie sud de la Camargue Insulaire, des marais de Meyranne en rive gauche et des étangs du Grand Palus en rive droite.

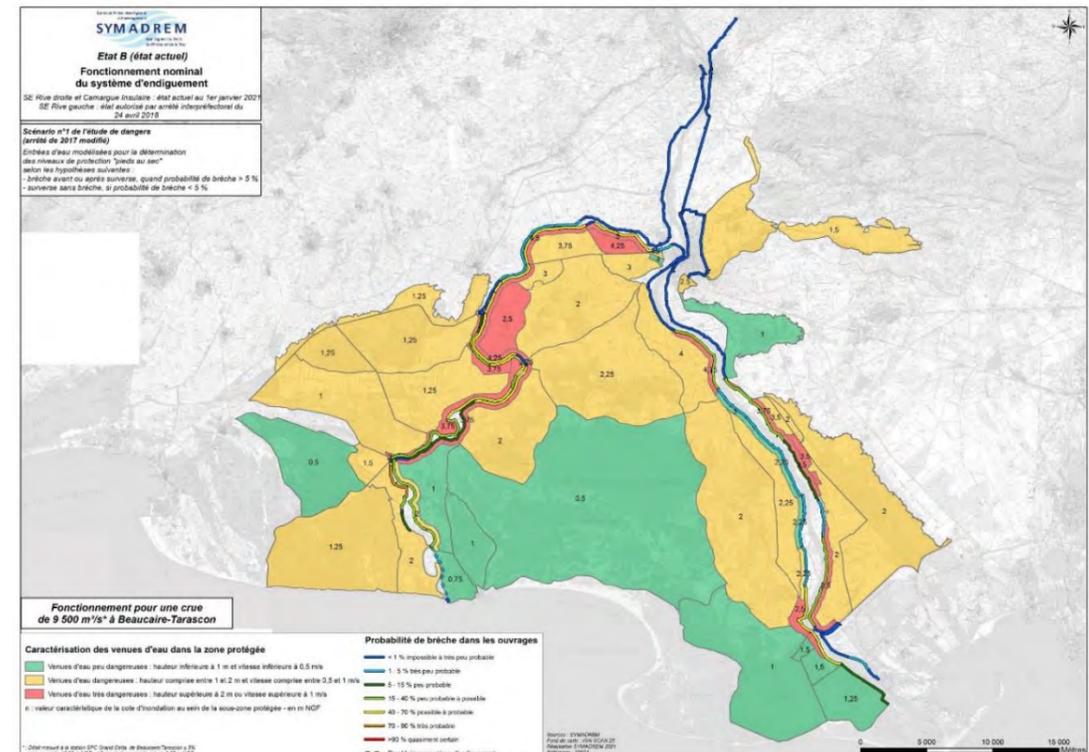


Figure 80. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°1 pour une crue de 9 500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

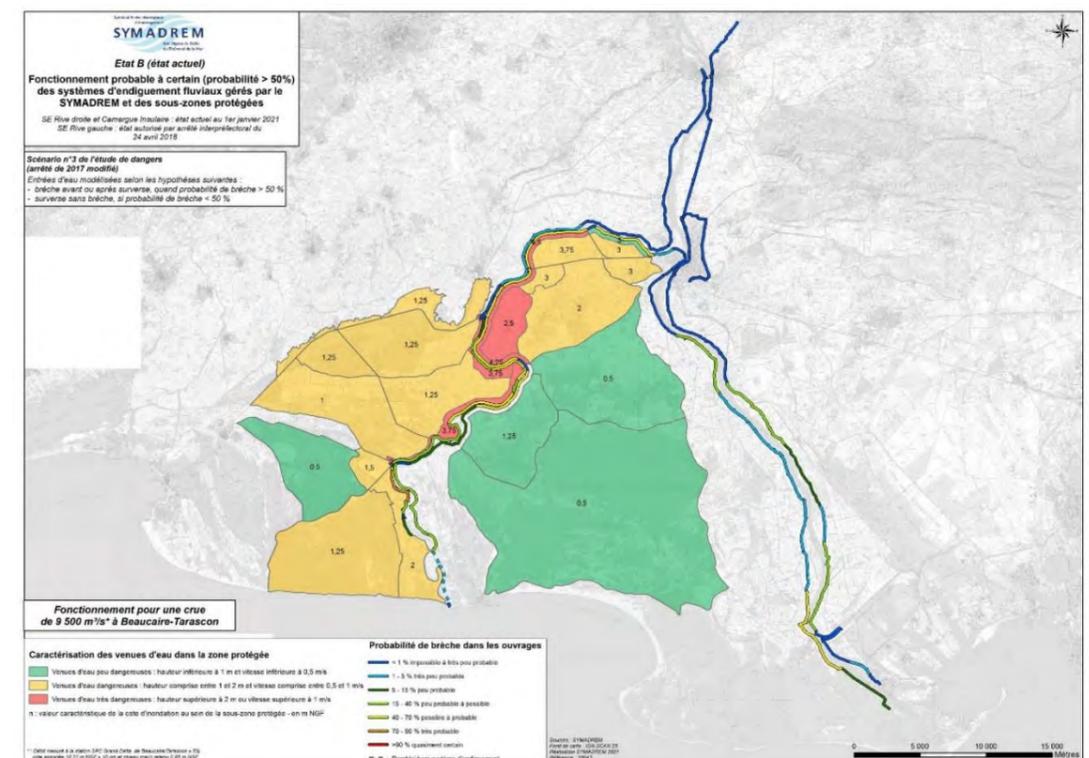


Figure 81. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°3 pour une crue de 9 500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

7.8 FONCTIONNEMENT NOMINAL & PROBABLE A CERTAIN POUR UNE CRUE 10500

Pour une crue, dont le débit atteint un débit de $10500 \text{ m}^3/\text{s} \pm 5 \%$ à la station Beaucaire/Tarascon gérée par le service prévision des crues grand delta (cote atteinte selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 de $10,77 \text{ m NGF} \pm 10 \text{ cm}$) conjugué à un niveau marin de $0,81 \text{ m NGF} \pm 10 \text{ cm}$, le fonctionnement des systèmes d'endiguement est le suivant.

En rive gauche, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive gauche et du Grand Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RG 01) jusqu'à la digue route de la RD35 au sud d'Arles (GRG 19) à l'exception du SIF de Tarascon pour lequel, elles sont comprises entre 1 et 5 %,
- supérieures à 5 %, entre Gallignan (GRG 20) et Barcarin (GRG23). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (GRG 21 & GRG 23), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- supérieures à 5 % en aval de Barcarin (GRG 25 à 27), à l'exception des digues de l'écluse de Barcarin. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur le tronçon médian (GRG 26), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- inférieures à 1 % sur la digue de 2^{ème} rang ceinturant le centre-ville d'Arles.

En rive droite, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive droite et du petit Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RD 01) jusqu'à Petit Argence (PRD 08) ;
- comprises entre 1 et 5 % entre l'A54 (PRD09) et le pont de Saint-Gilles (PRD12) ;
- inférieures à 1 % entre le pont de Saint-Gilles (PRD13) et l'écluse (PRD15) ;
- supérieures à 5 % sur les autres tronçons du système. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (PRD 19 à PRD 23 et PRD 26 & 27), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans les digues du Petit Rhône rive gauche sont :

- supérieures à 5 % de Trinquetaille (PRG 01) au Bac du Sauvage à l'exception de tronçons localisés : Beaumont (PRG03), Albaron (PRG09), Sénébier (PRG12). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au

fonctionnement nominal. De Cazeneuve à Eymini (PRD 02 à PRD 10), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

- inférieures à 5 % sur les remblais en aval du Bac du Sauvage (PRG 15 à 19),

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans la digue du défluent et les digues du Grand Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (D1-GRD01) à Petite Montlong (GRD05),
- supérieures à 5 % de Petite Montlong (GRD 06) à la Palissade (GRD 13) à l'exception du tronçon compris entre Beaujeu et la Commanderie (GRD07 & 08) pour lequel, elles sont comprises entre 1 et 5 %. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger) entre Petite Montlong (GRD 11) et La Lousiane (GRD 11). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain de la Lousiane à l'esquineau (GRD 12).

Selon le retour d'expérience historique depuis 1840 et plus particulièrement ceux issus des crues de janvier 1994 (volume de déversement de 60 millions de m^3) et de décembre 2003 (volume de déversement de 210 millions de m^3), des scénarios d'inondation par brèche, avec des volumes de déversement compris entre 55 et 150 millions de m^3 ont été modélisés. On se reportera au chapitre 8 de l'étude de dangers pour de plus amples détails sur les scénarios d'inondation.

En rive gauche amont, deux scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un au droit du lieu-dit de l'Atilon et un au droit du Mas de Parade. La figure ci-dessous illustre ces deux modélisations. Les modélisations correspondent à des volumes de déversement respectivement de 60 et 70 millions de m^3 , soit des volumes moindres que ceux issus des modélisations de la crue 9500. Cette différence s'explique par des niveaux d'eau à peine supérieurs pour la crue 10500 et une durée de crue sensiblement plus importante pour la crue 9500.

Ces scénarios d'inondation par brèche avant surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 et pour le scénario n°3.

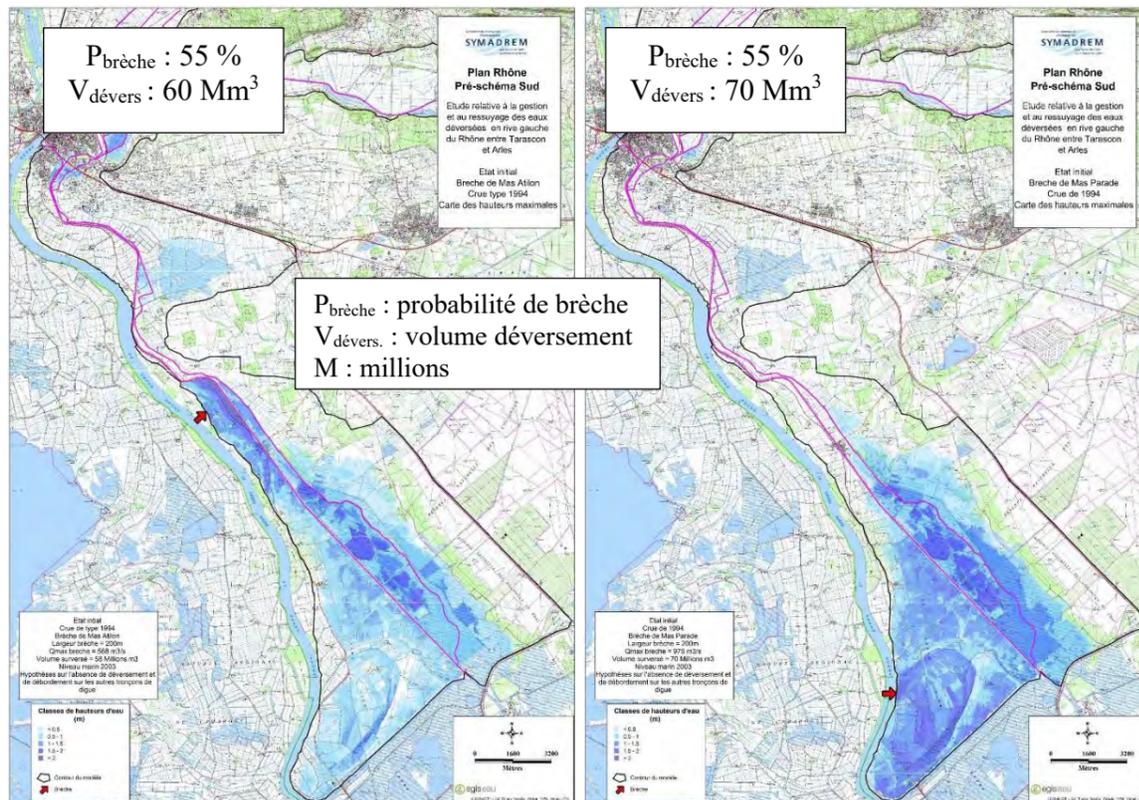


Figure 82. RG : brèches Atilon et Parade dans les digues du Grand Rhône rive gauche - crue à 10 500 m³/s

Pour la rive gauche aval, le scénario d'inondation retenu pour cette gamme de crue peut être assimilé à la surverse sans brèche pour la crue de gamme juste supérieure soit 11 500 m³/s.

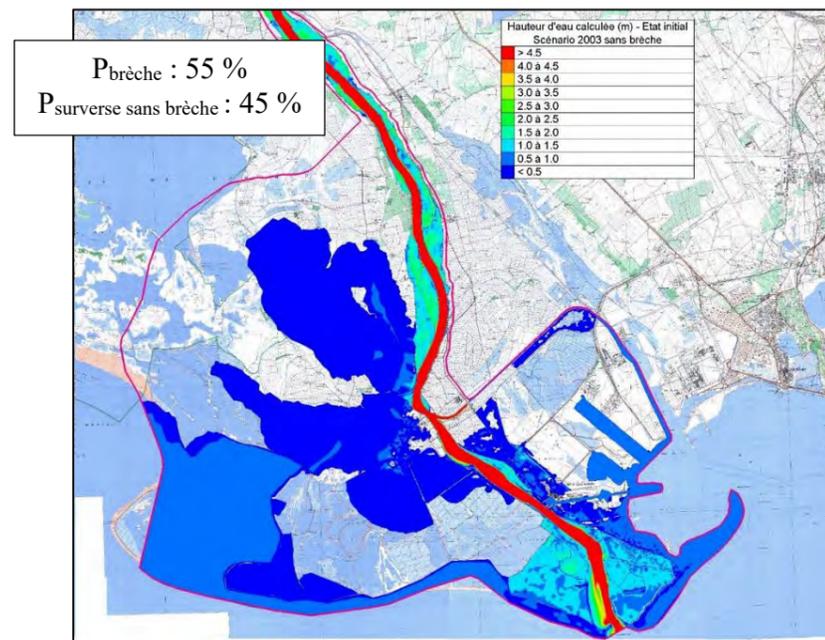


Figure 83. RG : surverse sans brèche sur le Grand Rhône aval pour une crue à 11500 m³/s assimilable au scénario de brèche pour une crue 10500 m³/s

En rive droite, trois scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un au droit du lieu-dit de la Fosse, un au droit de Capette et un au droit de Sylvéreal. La figure ci-dessous illustre les deux premières modélisations ; le scénario de Sylvéreal présentant peu d'intérêt. Les modélisations correspondent à des volumes de déversement respectivement de 110 et 150 millions de m³.

Ces deux scénarios d'inondation par brèche, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 et pour le scénario n°3.

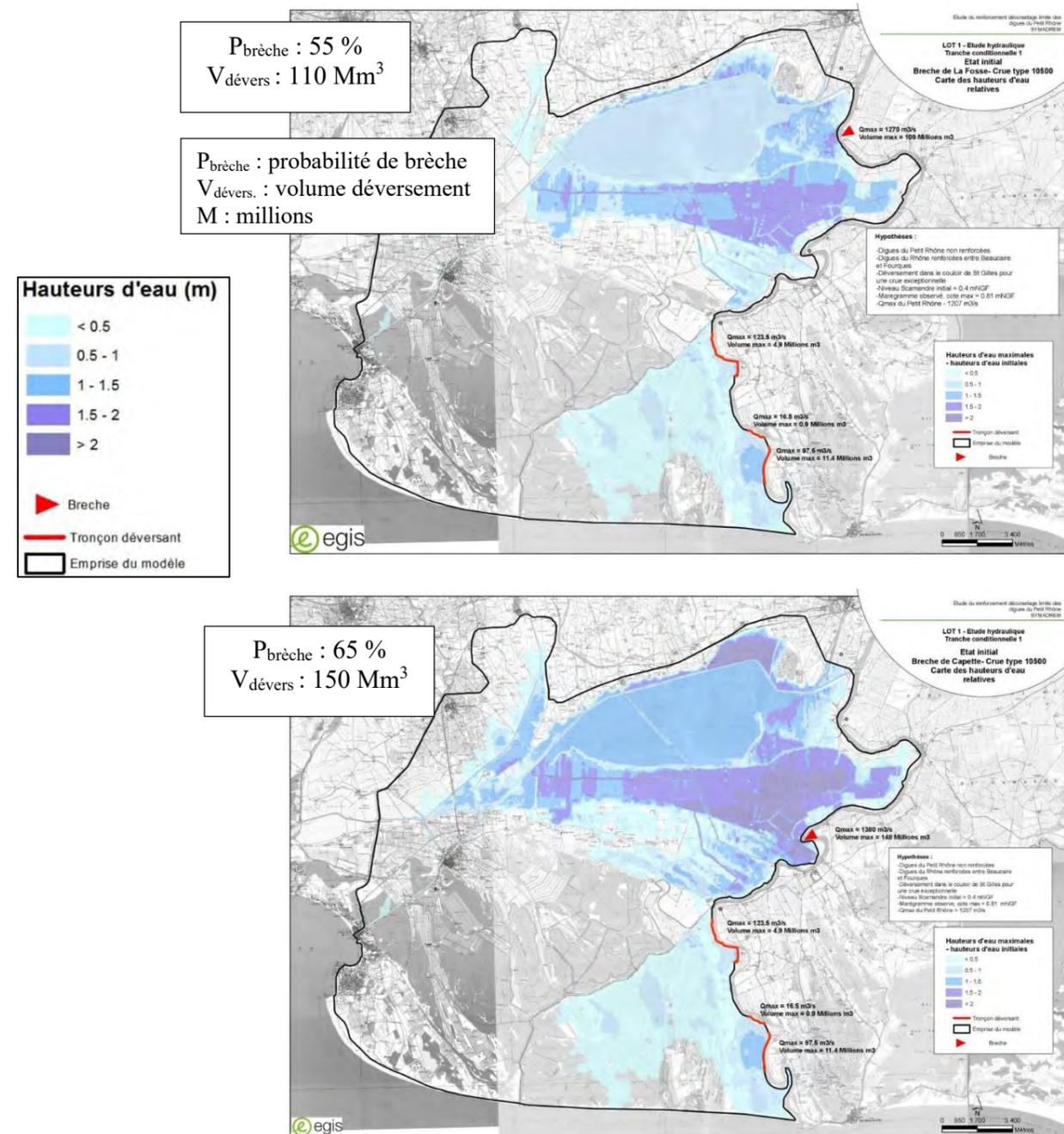


Figure 84. RD : brèches La fosse et Capette dans les digues du Petit Rhône rive droite - crue à 10 500 m³/s

En Camargue Insulaire, cinq scénarios d'inondation ont été modélisés avec des volumes compris globalement entre 45 et 70 millions de m³. La cartographie de ces scénarios figure ci-après.

Ces scénarios d'inondation par brèche avant surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1. En revanche, seuls les quatre scénarios suivant : Aval Cazeneuve, Saliers, Figarès et Aval Albaron sont pris en compte pour le scénario n°3. En effet même si le scénario d'inondation amont de Cazeneuve est le plus dangereux, il présente une probabilité de 30 %, soit une valeur en deçà du seuil réglementaire.

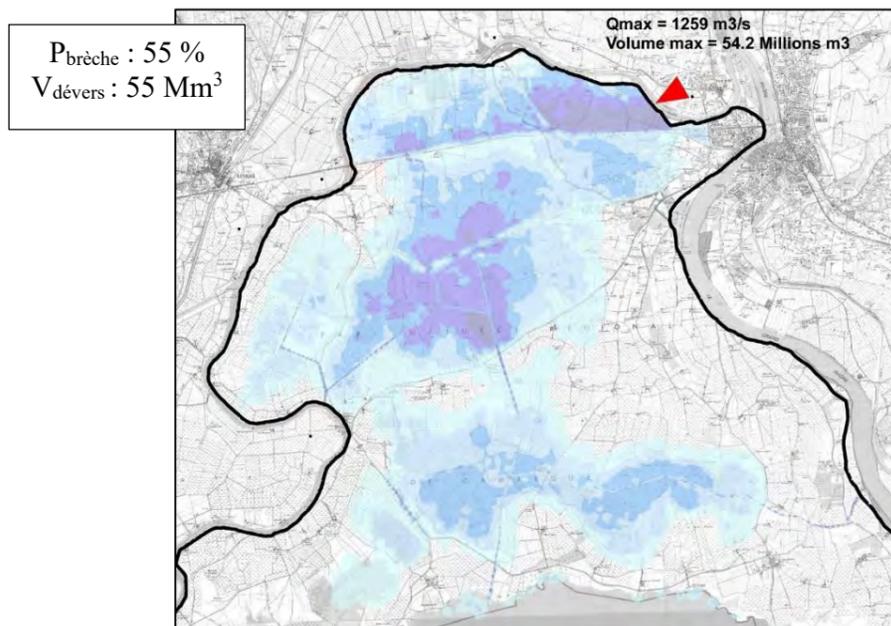
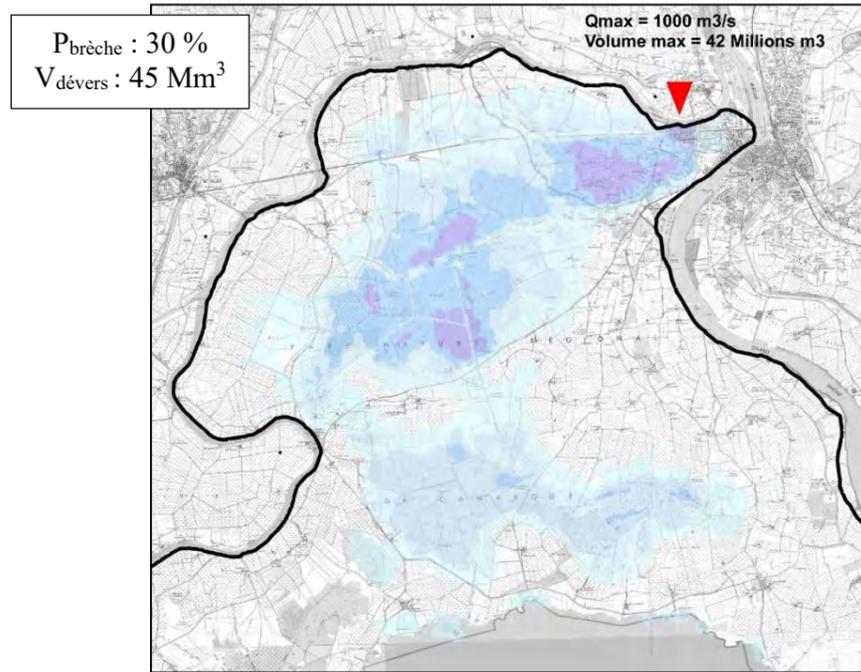


Figure 85. CI : brèches amont et aval Cazeneuve digues du petit Rhône rive gauche - crue à 10 500 m³/s

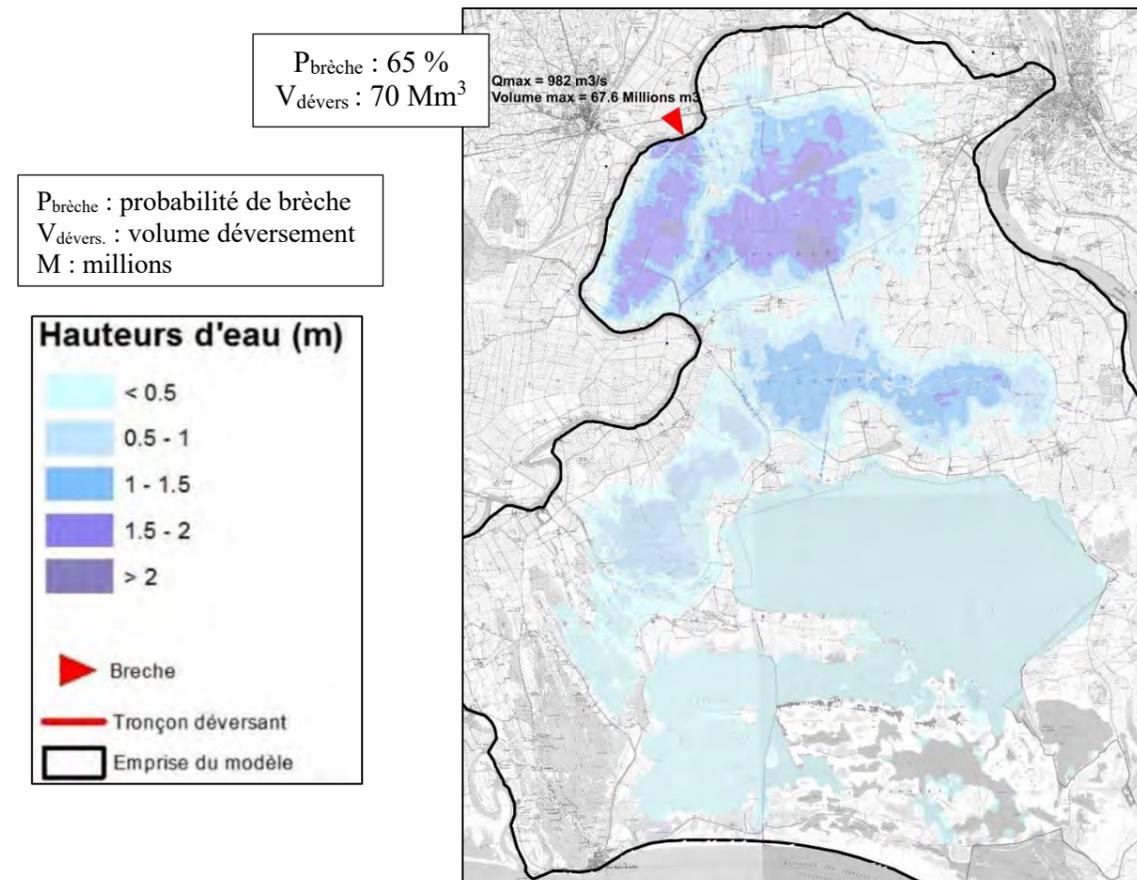


Figure 86. CI : brèche Saliers dans les digues du petit Rhône rive gauche - crue à 10 500 m³/s

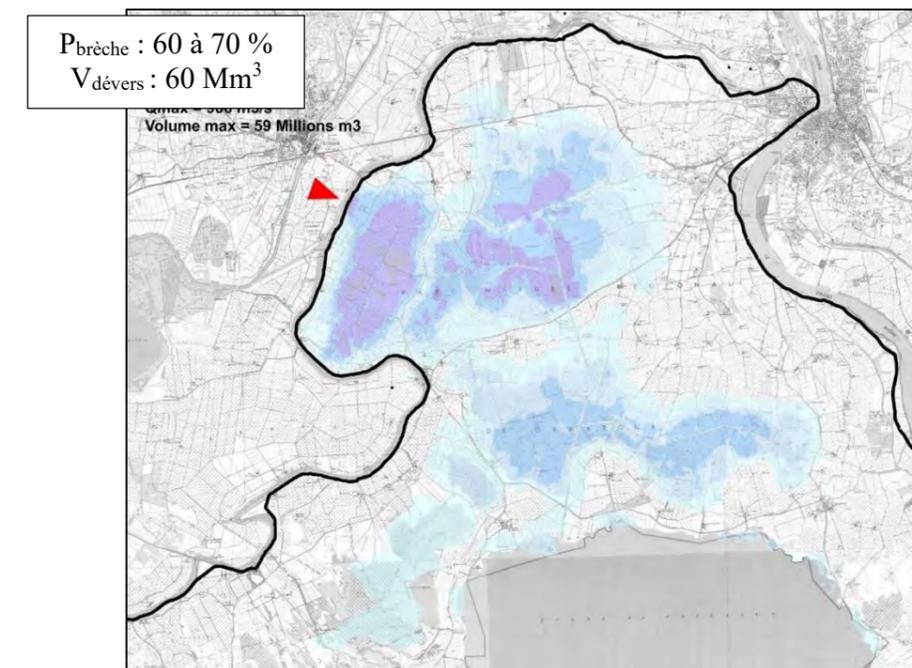


Figure 87. CI : brèche Figarès dans les digues du petit Rhône rive gauche - crue à 10 500 m³/s

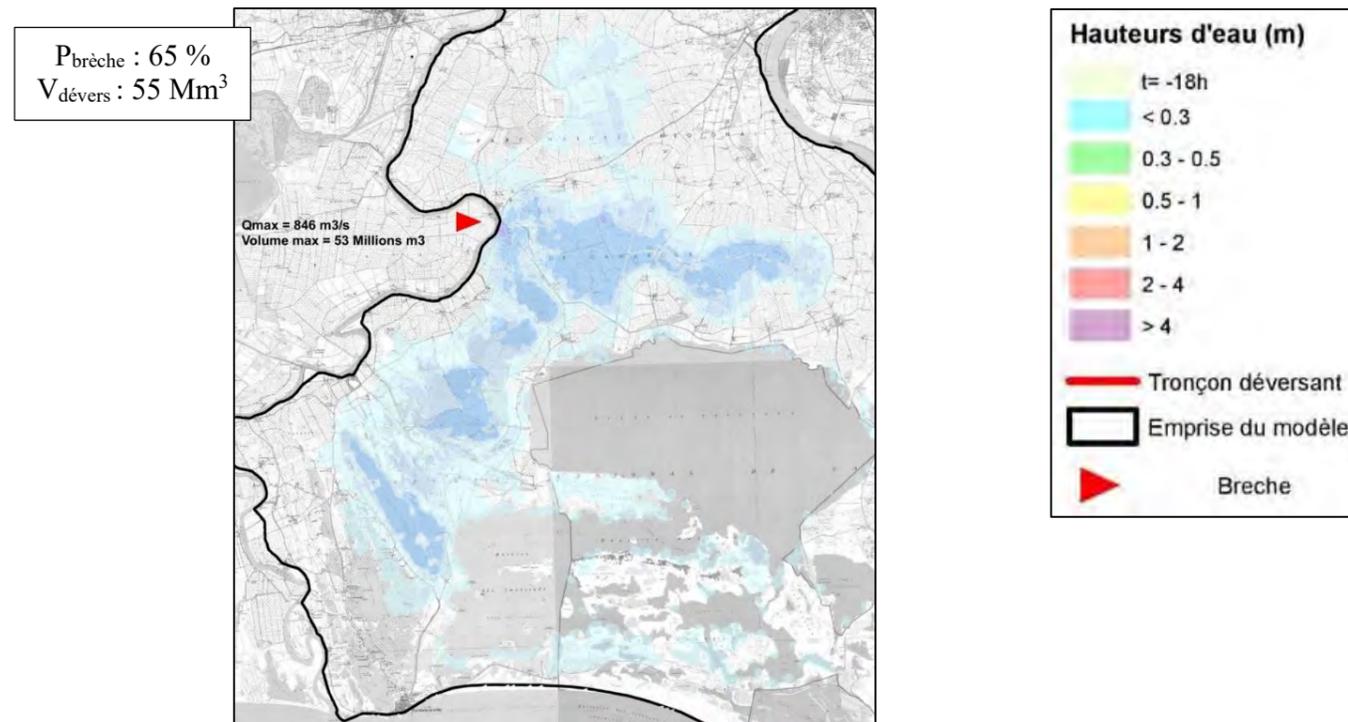


Figure 88. CI brèche aval Albaron dans les digues du petit Rhône rive gauche - crue à 10 500 m³/s

Aucun d'inondation par brèche en provenance du Grand Rhône rive droite n'a été modélisé pour la Camargue Insulaire. Sur la base du retour d'expérience accidentologique, un volume de lâcher d'eau de l'ordre de 40 à 50 millions m³ a été retenu. Il correspond, aux marges d'incertitude près, au retour d'expérience historique de cette gamme de crues. Le même travail, que pour la crue 9500, a été réalisé pour les brèches du grand Rhône rive droite. Les figures ci-dessous illustrent les enveloppes d'inondation 12 heures après les brèches du Grand Rhône pour une crue à 11500 m³/s, qu'on assimilera à l'enveloppe probable d'inondation pour des crues à 10500 m³/s.

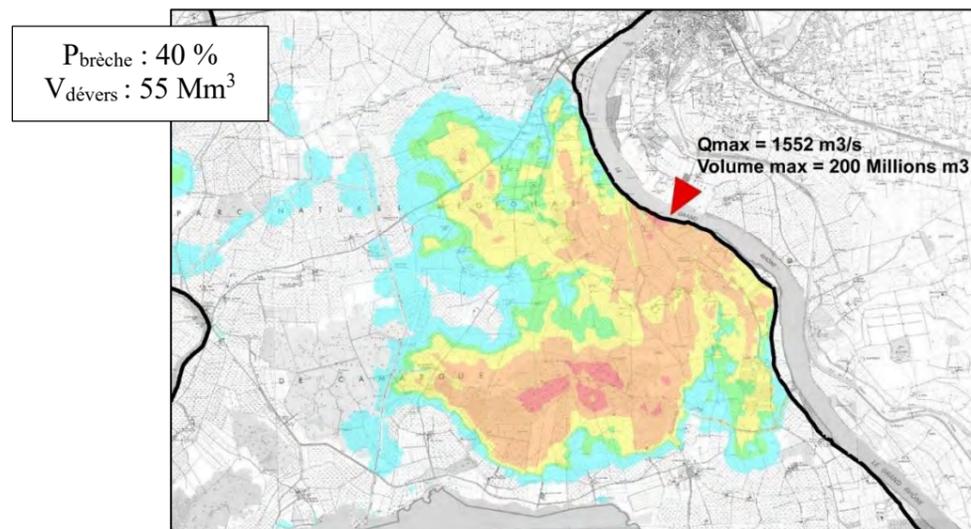


Figure 89. CI : brèche Petite Montlong dans les digues du Grand Rhône rive droite scénario retenu pour la crue à 10 500 m³/s

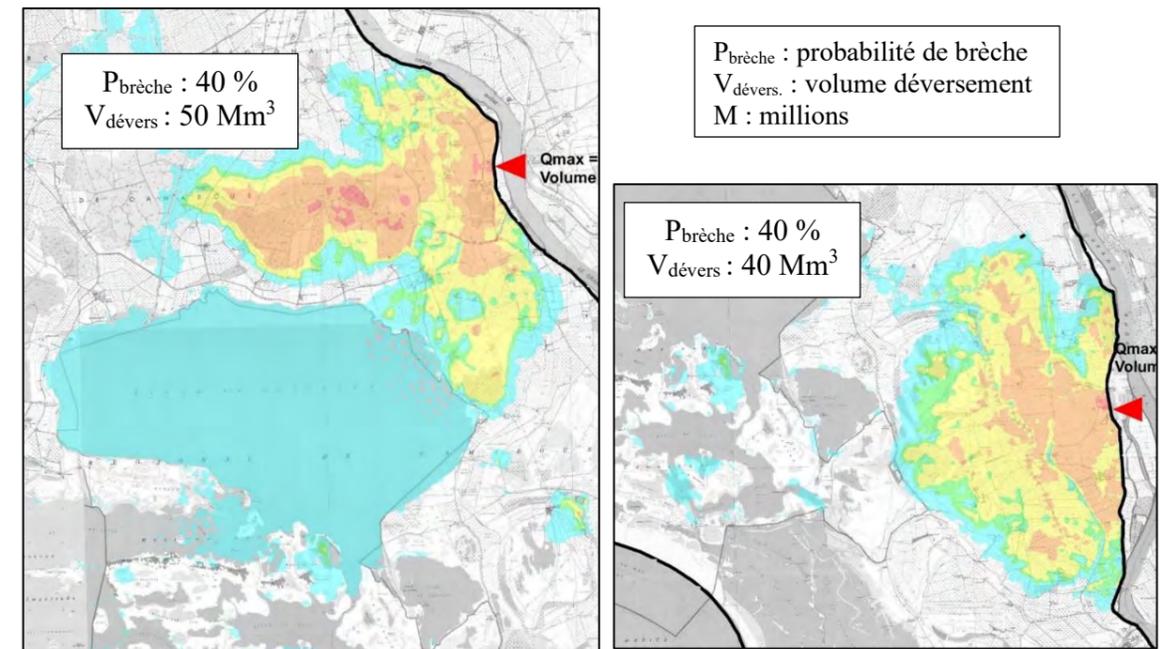


Figure 90. CI : brèches Augery et Boisverdun dans les digues du Grand Rhône rive droite scénario retenu pour la crue à 10 500 m³/s

Ces trois scénarios d'inondation par brèche avant surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 mais non pris en compte pour le scénario n°3 (probabilité < 50 %).

Au droit de Salin de Giraud, la probabilité de brèche est supérieure à 50 %. A l'instar du scénario d'inondation au droit de Port-Saint-Louis-du-Rhône, aucune modélisation de brèche n'a été réalisée pour cette gamme de crue, on pourra retenir le scénario de surverse sans brèche pour une crue 11 500 m³/s, assimilable à un scénario de brèche pour la crue 10 500 m³/s. C'est ce scénario d'inondation qui a été retenu pour le scénario n°3.

Les cartes relatives aux zones « pieds secs » et caractérisant la dangerosité des venues d'eaux (sans prise en compte du MNT de la BDT Rhône) de l'annexe 6 figurent en format réduit ci-dessous.

Les venues d'eau sont toutes considérées comme dangereuses à l'exception de la partie sud de la Camargue Insulaire, des marais de Meyranne en rive gauche et des étangs du Grand Palus en rive droite.

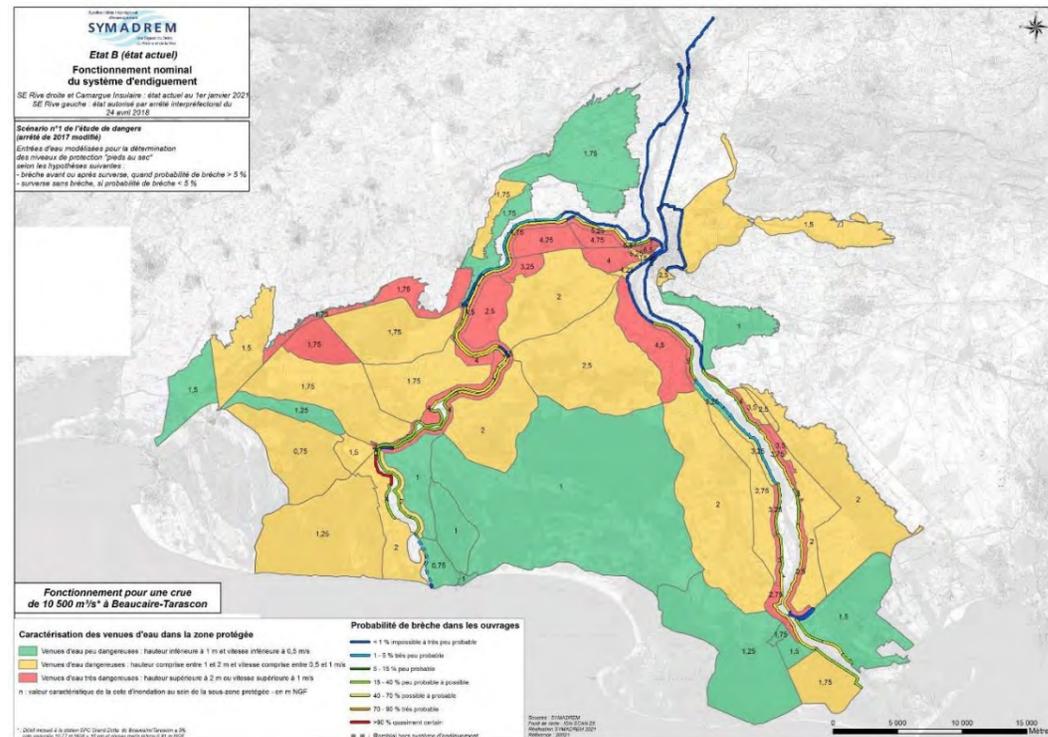


Figure 91. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°1 pour une crue de 10500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

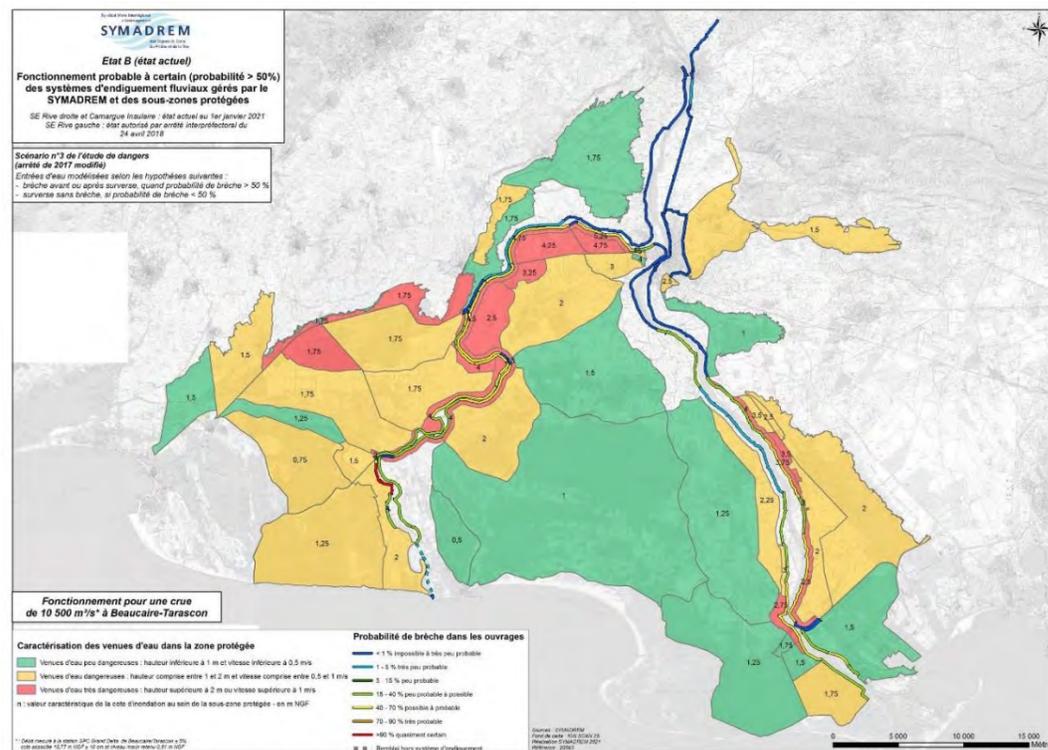


Figure 92. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°3 pour une crue de 10500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

7.9 FONCTIONNEMENT NOMINAL & PROBABLE A CERTAIN POUR UNE CRUE 11500

Pour une crue, dont le débit atteint un débit de 11500 m³/s ± 5 % à la station gérée par le service prévision des crues grand delta (cote atteinte selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 de 11,30 m NGF ± 10 cm) conjugué à un niveau marin de 0,98 m NGF ± 10 cm, le fonctionnement des systèmes d'endiguement est le suivant.

En rive gauche, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive gauche et du Grand Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RG 01) jusqu'à la digue route de la RD35 au sud d'Arles (GRG 19) à l'exception du SIF de Tarascon pour lequel, elles sont supérieures à 5 % tout en restant inférieures à 50 %. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. Des débordements sans brèche sont à prendre en compte sur certaines parties du SIF ;
- supérieures à 5 %, entre Gallignan (GRG 20) et Barcarin (GRG23). Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (GRG 21 & GRG 23), les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- supérieures à 5 %, et même à 50 % en aval de Barcarin (GRG 25 à 27), à l'exception des digues de l'écluse de Barcarin. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- inférieures à 1 % sur la digue de 2^{ème} rang ceinturant le centre-ville d'Arles.

La digue résistante à la surverse entre Tarascon et Arles est en limite de surverse.

En rive droite, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive droite et du petit Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RD 01) jusqu'au lieu-dit la Tourette en aval de Fourques (PRD 06) ;
- supérieures à 5 % entre la Tourette et Petit Argence (PRD 07) et l'A54 et Grand Cabanne (PRD 09). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

- comprises entre 1 et 5 % entre Grand Cabanne (PRD 10) et l'écluse de Saint-Gilles (PRD13) ;
- supérieures à 5 % et même à 50 % sur les tronçons du système en aval de l'écluse de Saint-Gilles. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté ainsi que les niveaux de danger, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal et pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

La digue résistante à la surverse entre Beaucaire et Fourques est en limite de surverse.

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans les digues du Petit Rhône rive gauche sont :

- supérieures à 5 % de Trinquetaille (PRG 01) au Bac du Sauvage à l'exception de tronçons localisés : Beaumont (PRG03), Albaron (PRG09), Sénébier (PRG12). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur les tronçons compris entre le défluent et Eymini (PRG 01 à PRG 10), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. En aval Eymini, aucune entrée d'eau par brèche n'est à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- inférieures à 5 % sur les remblais en aval du Bac du Sauvage (PRG 15 à 19) à l'exception du Port de l'Amarée (PRG 17),

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans la digue du défluent et les digues du Grand Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (D1-GRD01) à Petite Montlong (GRD05),
- supérieures à 5 % de Petite Montlong (GRD 06) à la Palissade (GRD 13). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (GRD 06 & GRD 12), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

Selon le retour d'expérience historique depuis 1840 et plus particulièrement celui de décembre 2003 (volume de déversement de 210 millions de m³), des scénarios d'inondation par brèche, avec des volumes de déversement compris entre 70 et 200 millions de m³ ont été modélisés. On se reportera au chapitre 8 de l'étude de dangers pour de plus amples détails sur les scénarios d'inondation.

En rive gauche amont, deux scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un au droit du lieu-dit de l'Atilon et un au droit du Mas de Parade. La figure ci-dessous illustre ces deux modélisations. Elles correspondent à des volumes de déversement respectivement de 90 et 130 millions de m³.

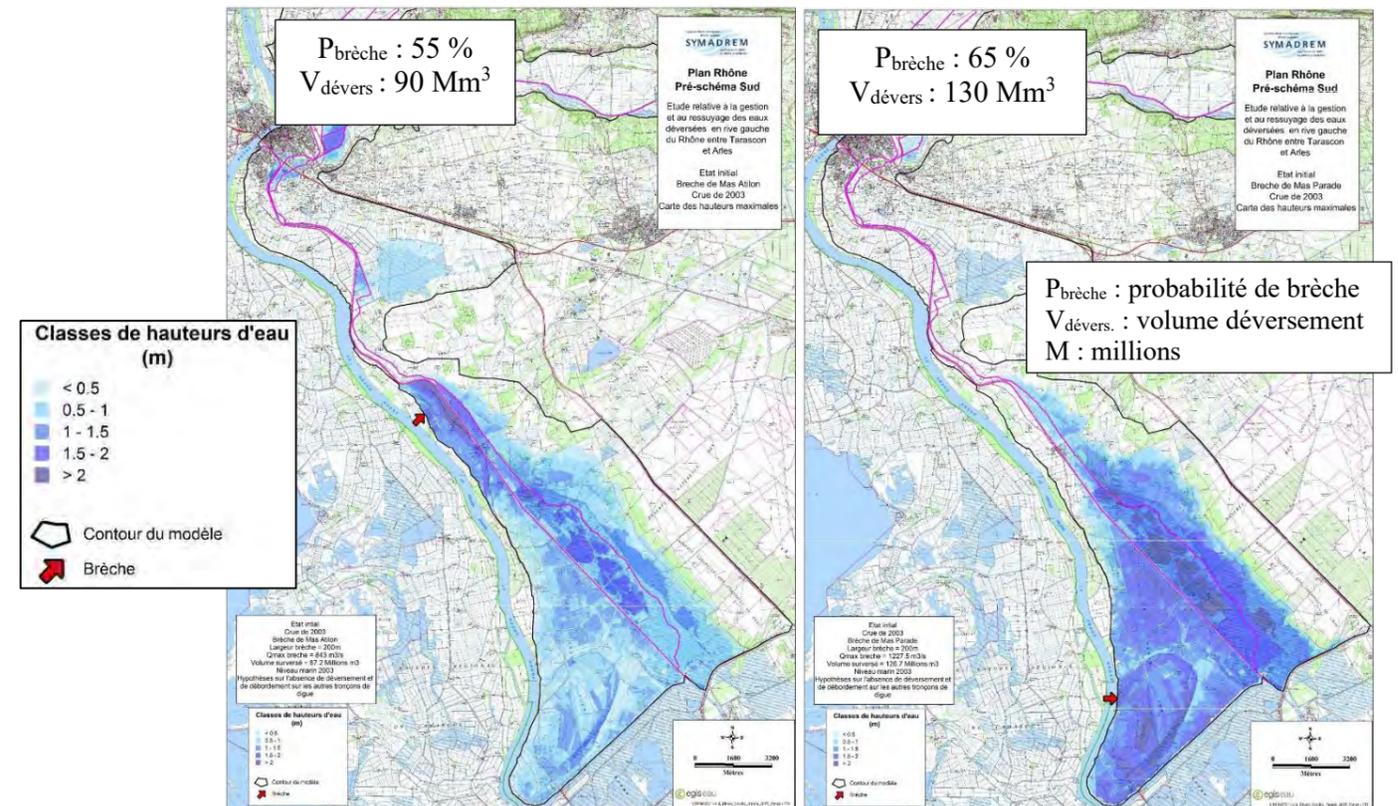


Figure 93. Brèches Atilon et Parade dans les digues du Grand Rhône rive gauche – crue à 11 500 m³/s

En rive gauche en aval du canal du Rhône à Fos, un scénario d'inondation par brèche avec surverse a été modélisé en amont de Port-Saint-Louis-du-Rhône au droit du lieu -dit Bois-François. La figure ci-dessous illustre cette modélisation pour laquelle, on constate également une surverse sans brèche au droit de Salin de Giraud.

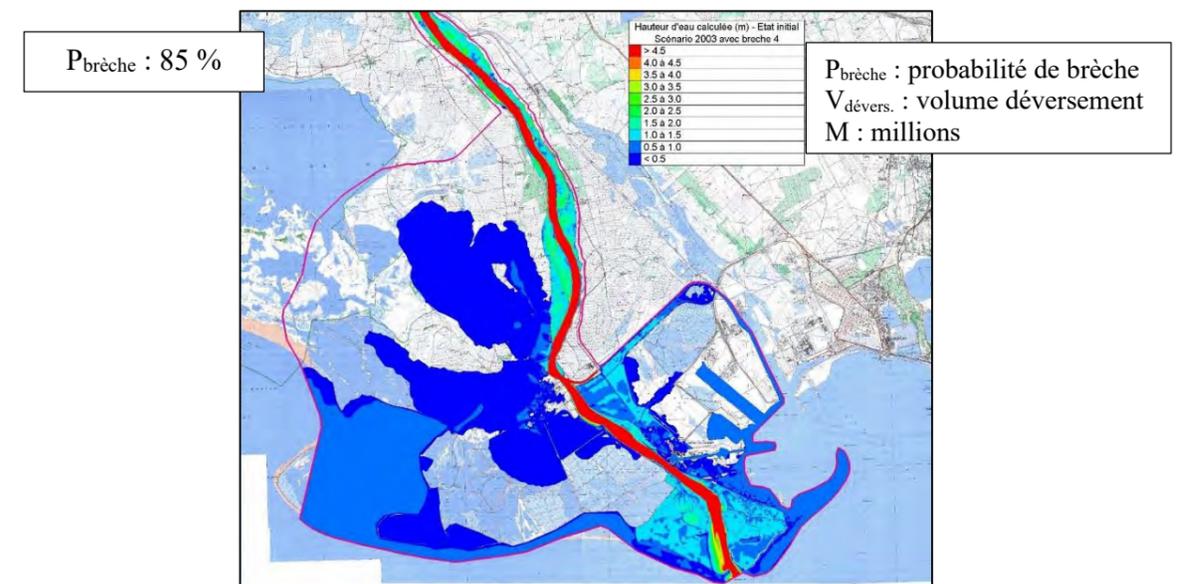


Figure 94. Brèche Bois-François (PSL) dans les digues du Grand Rhône rive gauche – crue à 11 500 m³/s

En rive droite, cinq scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un correspondant à la brèche de Petit Argence (déc. 2003), un au droit du lieu-dit de la Fosse, un au droit de Claire Farine avec des apports par le couloir de Saint-Gilles (déc. 2003), un au droit de Capette et un au droit de Sylvéreal. La figure ci-dessous illustre les quatre premières modélisations ; le scénario de Sylvéreal présentant peu d'intérêt.

Les modélisations correspondent à des volumes de déversement respectivement de 130, 140, 80 et 180 millions de m³. Ces quatre scénarios d'inondation par brèche avant ou après surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1. Pour le scénario n°3, seul les scénarios sur le Petit Rhône en aval de l'écluse de Saint-Gilles sont pris en compte.

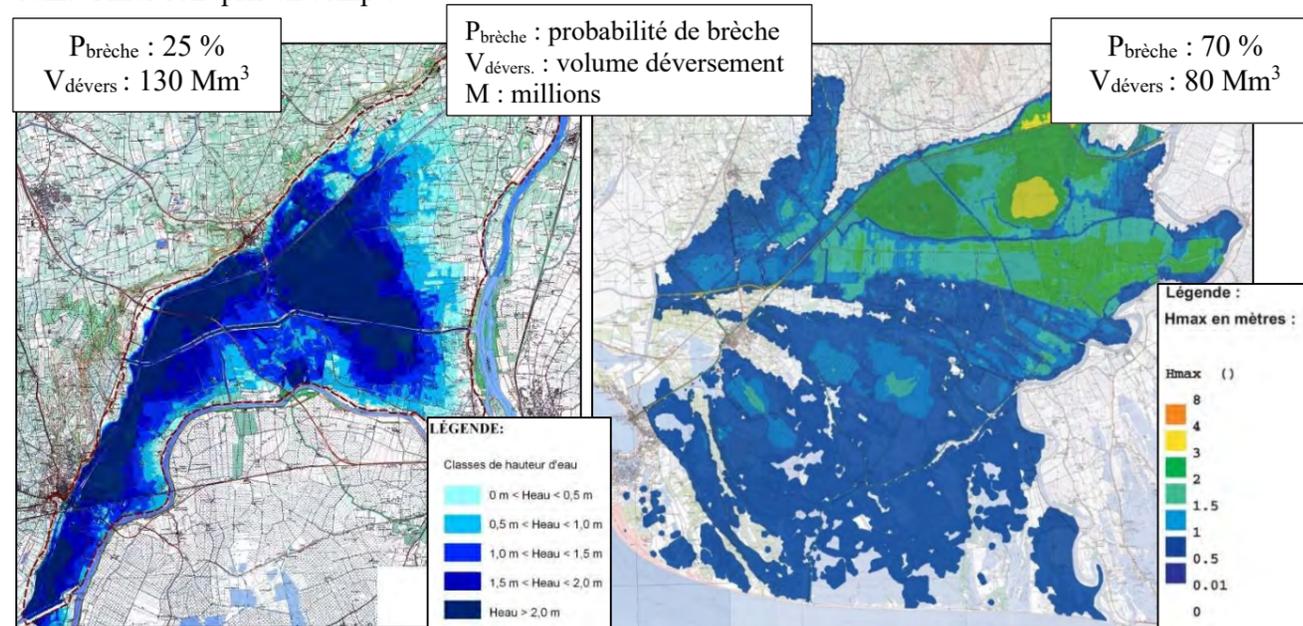


Figure 95. RD : brèches Petit Argence et Claire Farine – crue à 11 500 m³/s

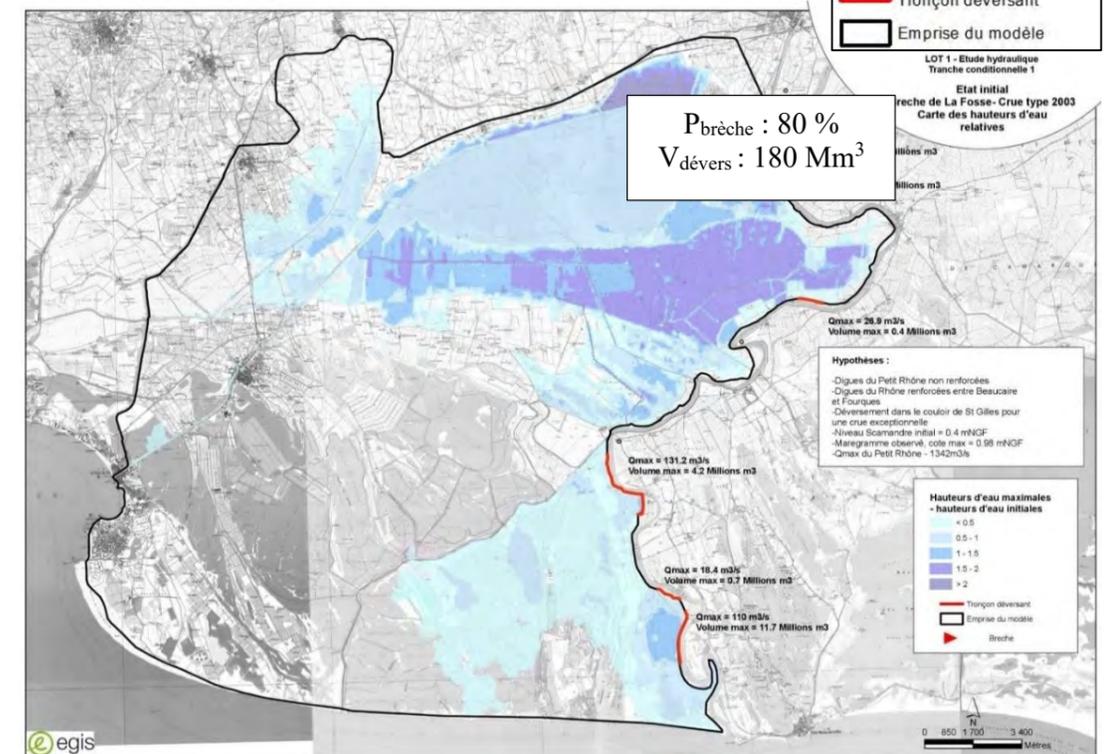
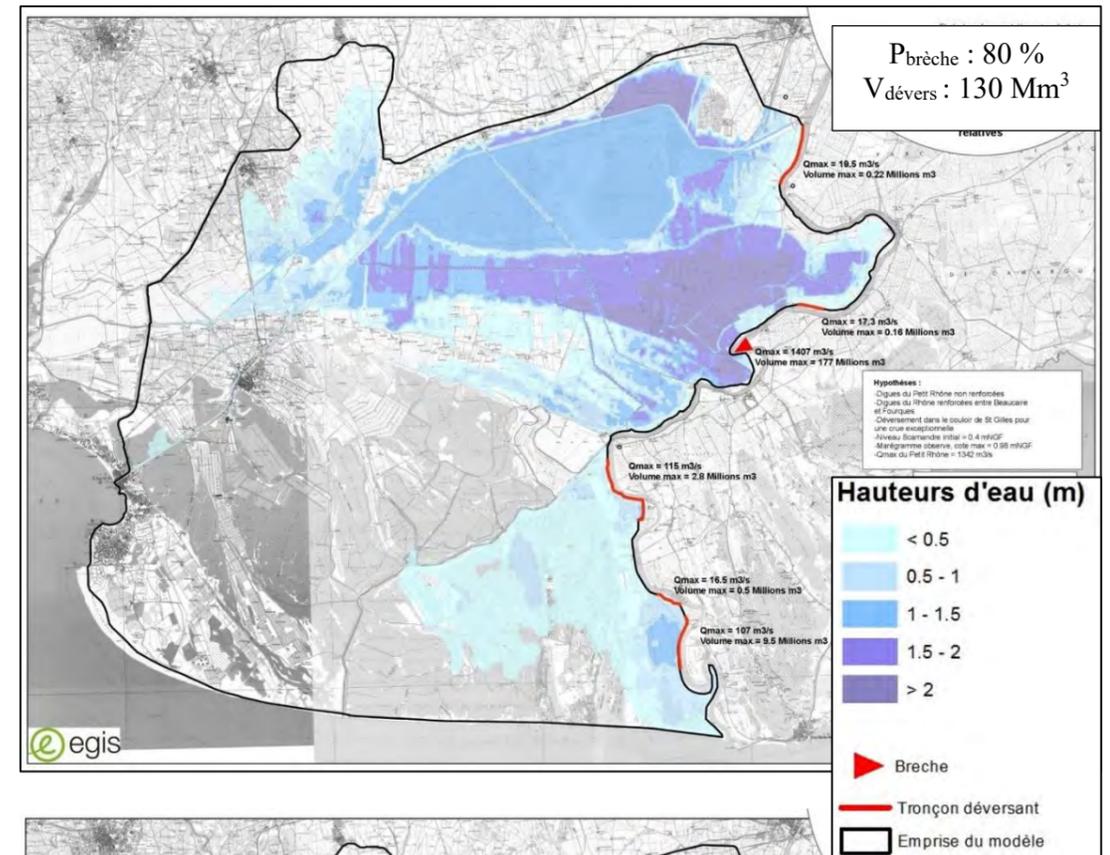


Figure 96. RD : brèches La Fosse et Capette - Petit Rhône rive droite – crue à 11 500 m³/s

En Camargue Insulaire, cinq scénarios d'inondation en provenance des digues du Petit Rhône et six scénarios d'inondation en provenance des digues du Grand Rhône ont été modélisés avec des volumes de déversement compris globalement entre 70 et 200 millions de m³. La cartographie de ces six scénarios probables figure ci-après. Ces onze scénarios sont à retenir pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain, dix scénarios sont retenus. Seul le scénario de la brèche de Boisverdun présente une probabilité inférieure à 50 %.

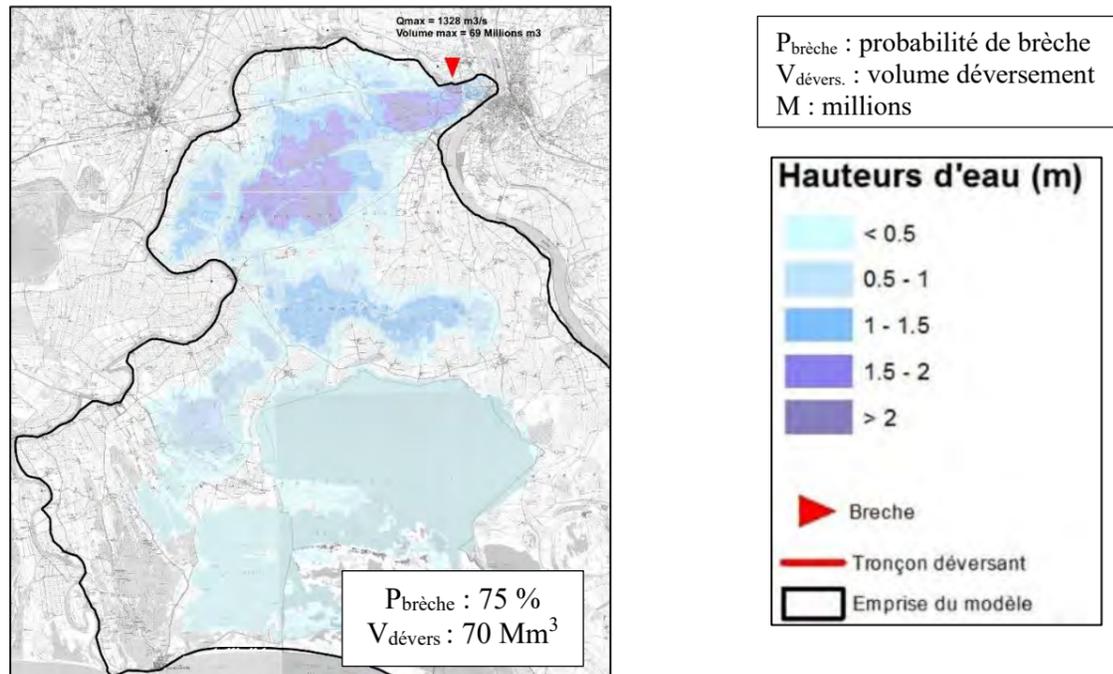


Figure 97. CI : brèche amont Cazeneuve - digues du Petit Rhône rive gauche – crue à 11 500 m³/s

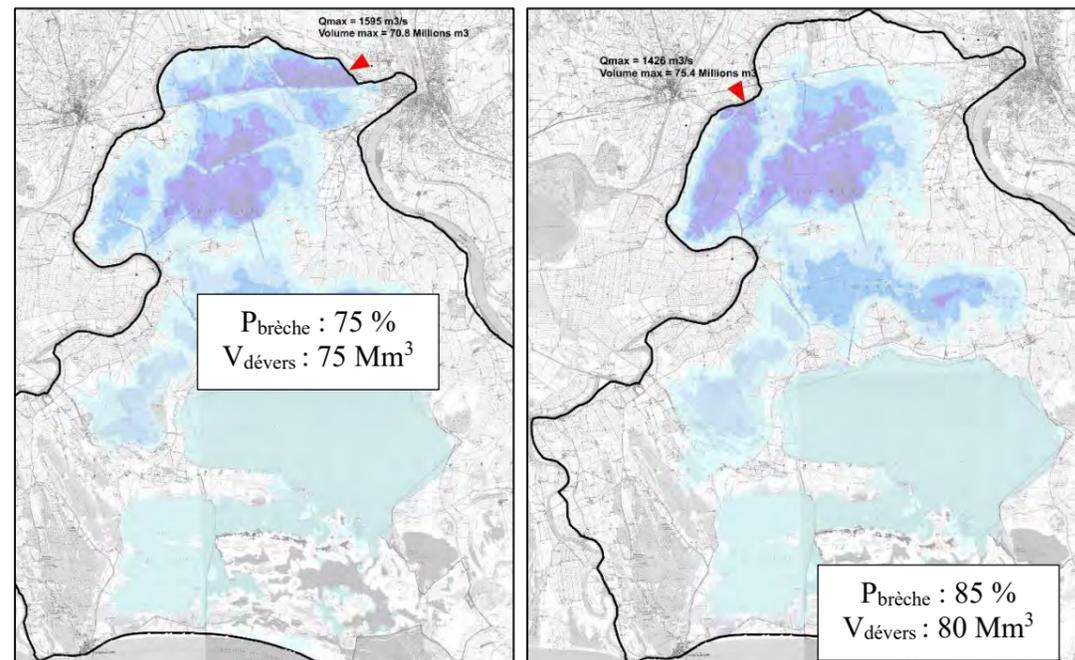


Figure 98. CI : brèches aval Cazeneuve et Saliers - digues du Petit Rhône rive gauche – crue à 11 500 m³/s

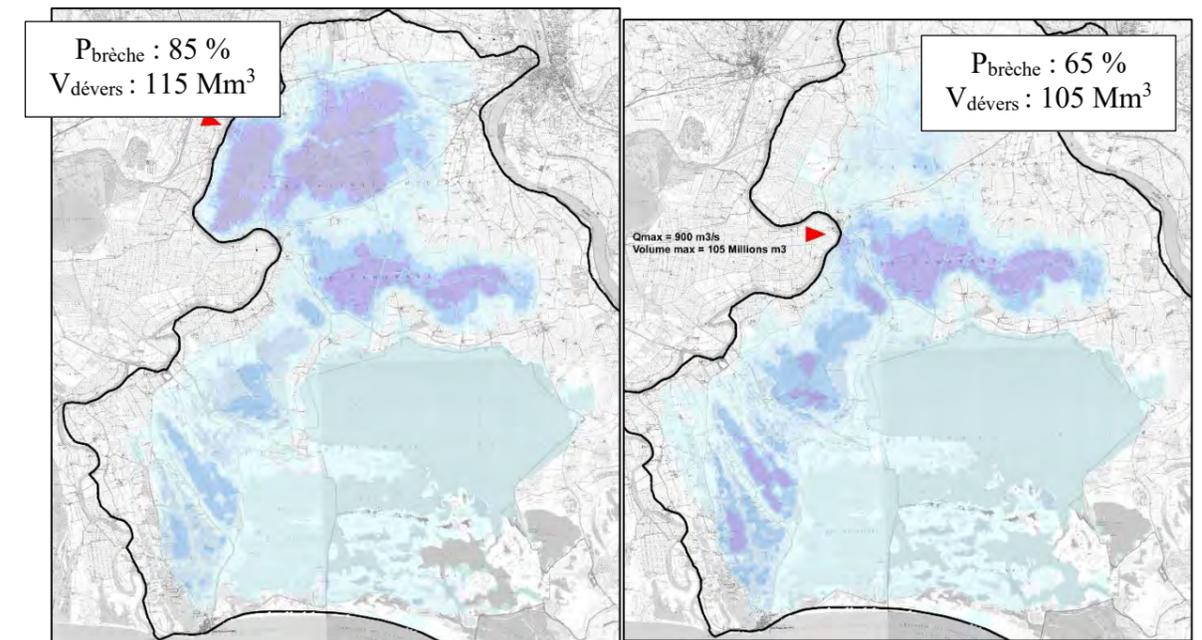


Figure 99. CI : brèches Figarès et aval Albaron -digues du Petit Rhône rive gauche – crue à 11 500 m³/s

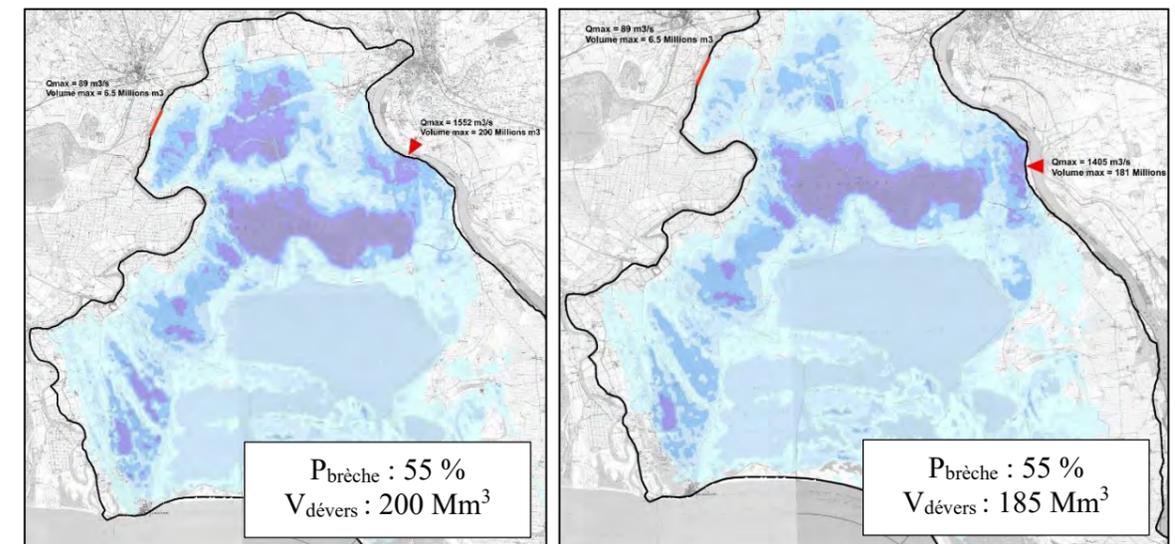


Figure 100. CI : brèches Montlong et Augery - digues du Grand Rhône rive droite – crue à 11 500 m³/s

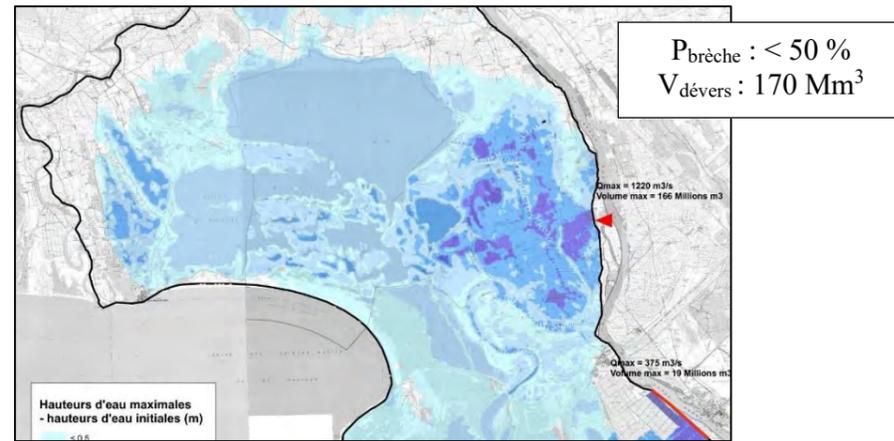


Figure 101. CI : brèche Boisverduin - digues du Grand Rhône rive droite – crue à 11 500 m³/s

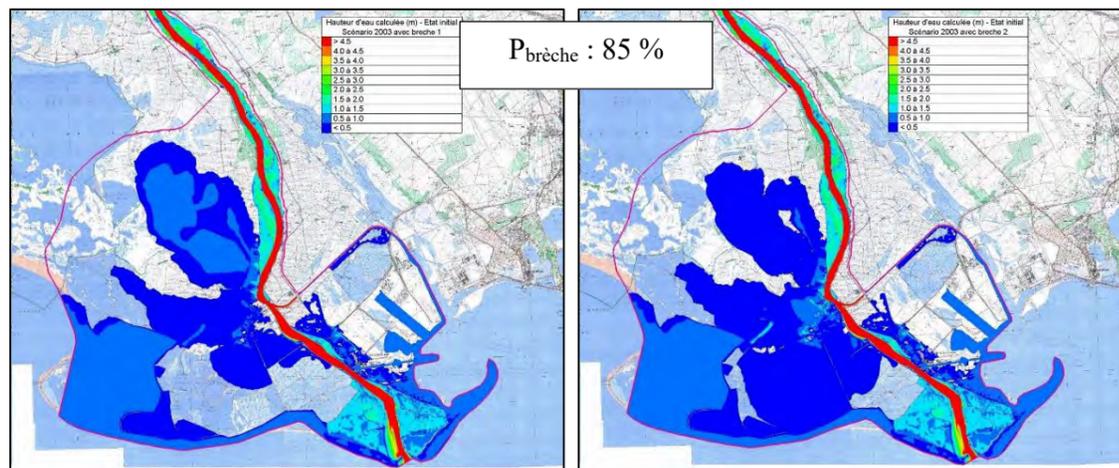


Figure 102. CI : brèches Amérique et Barcarin - digues du Grand Rhône rive droite – crue à 11 500 m³/s

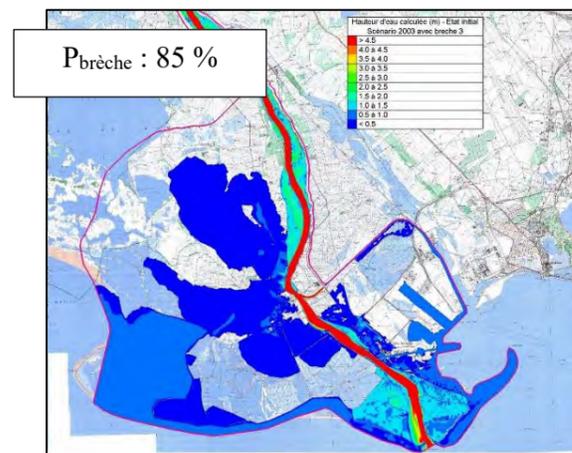


Figure 103. CI : brèche Esquineau - digues du Grand Rhône rive droite – crue à 11 500 m³/s

Les venues d'eau sont toutes considérées comme dangereuses à l'exception de la partie sud de la Camargue Insulaire, des marais de Meyranne en rive gauche et de certaines zones de la Camargue Gardoise.

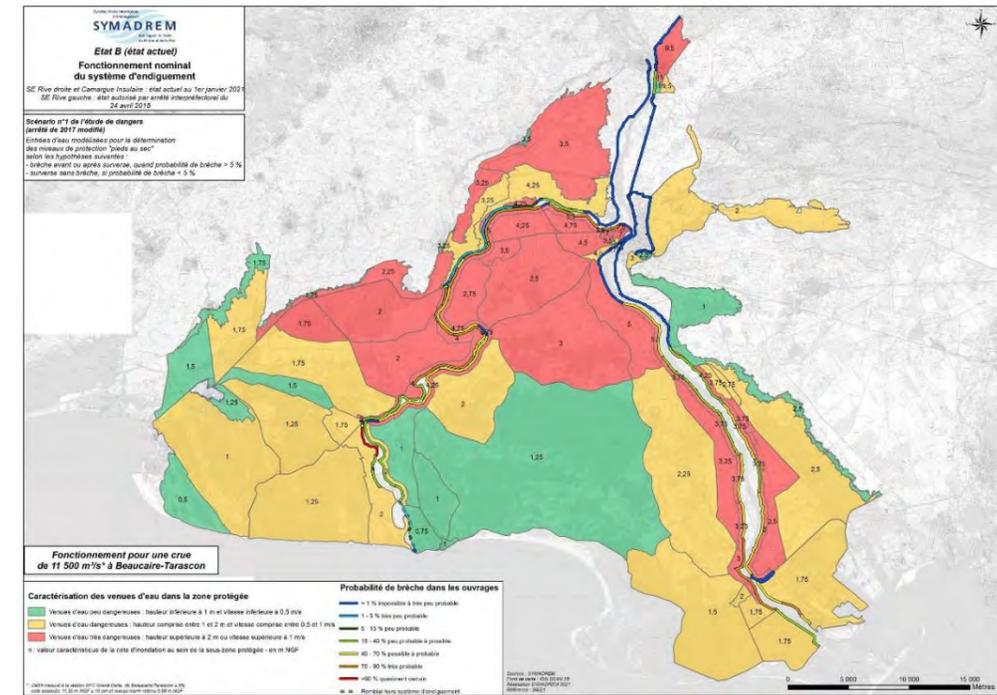


Figure 104. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°1 pour une crue de 11500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

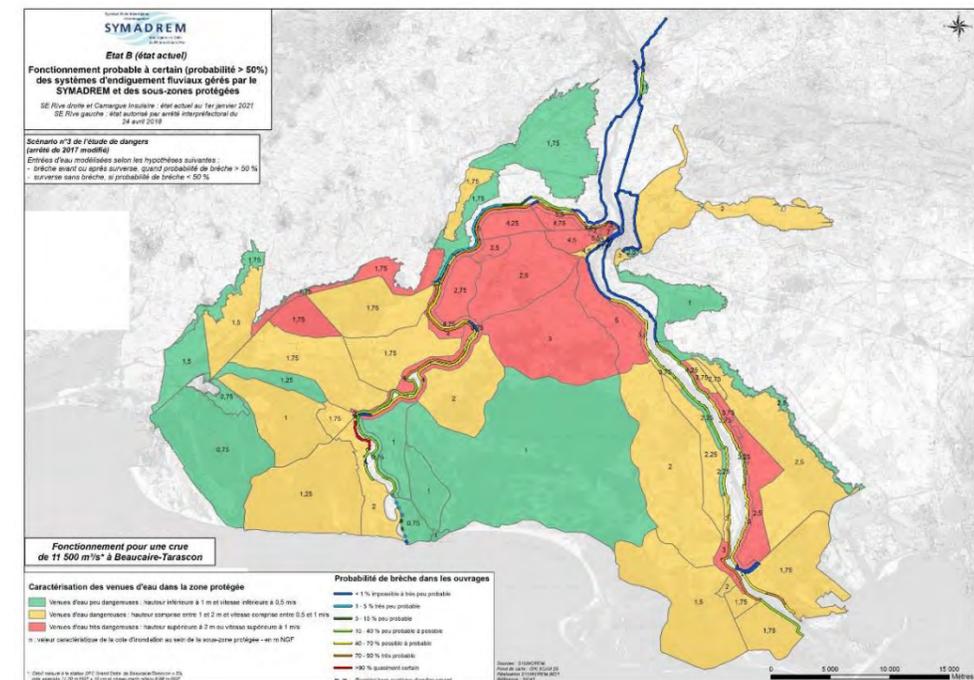


Figure 105. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°3 pour une crue de 11500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

Les cartes relatives aux zones « pieds secs » et caractérisant la dangerosité des venues d'eaux (sans prise en compte du MNT de la BDT Rhône) de l'annexe 7 figurent en format réduit ci-dessous.

7.10 FONCTIONNEMENT NOMINAL & PROBABLE A CERTAIN POUR UNE CRUE 12500

Pour une crue, dont le débit atteint un débit de 12500 m³/s ± 5 % à la station gérée par le service prévision des crues grand delta (cote atteinte ne peut être donnée du fait de la non validité de la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 pour cette gamme de débit) conjugué à un niveau marin de 1,30 m NGF ± 10 cm, le fonctionnement des systèmes d'endiguement est le suivant.

En rive gauche, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive gauche et du Grand Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RG 01) jusqu'à la digue route de la RD35 au sud d'Arles (GRG 19) à l'exception du SIF de Tarascon pour lequel, elles sont supérieures à 5 % tout en restant inférieures à 50 %. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.;
- supérieures à 5 %, entre Gallignan (GRG 20) et Barcarin (GRG23). Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (GRG 21 & GRG 23), les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- supérieures à 5 %, et même à 50 % en aval de Barcarin (GRG 25 à 27), à l'exception des digues de l'écluse de Barcarin. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- inférieures à 1 % ou compris entre 1 et 5 % sur la digue de 2^{ème} rang ceinturant le centre-ville d'Arles.

La digue résistante à la surverse entre Tarascon et Arles fait l'objet de déversements.

En rive droite, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive droite et du petit Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RD 01) jusqu'au lieu-dit la Tourette en aval de Fourques (PRD 06) ;
- supérieures à 5 % entre la Tourette et Petit Argence (PRD 07) et l'A54 et Grand Cabanne (PRD 09). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger) sur PRD 07. Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur

réglementaire de 50 % (niveau de danger) sur PRD 09. Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

- comprises entre 1 et 5 % entre Grand Cabanne (PRD 10) et l'écluse de Saint-Gilles (PRD13) ;
- supérieures à 5 % et même à 50 % sur les tronçons du système en aval de l'écluse de Saint-Gilles. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté ainsi que les niveaux de danger, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal et pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

La digue résistante à la surverse entre Beaucaire et Fourques fait l'objet de déversements.

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans les digues du Petit Rhône rive gauche sont :

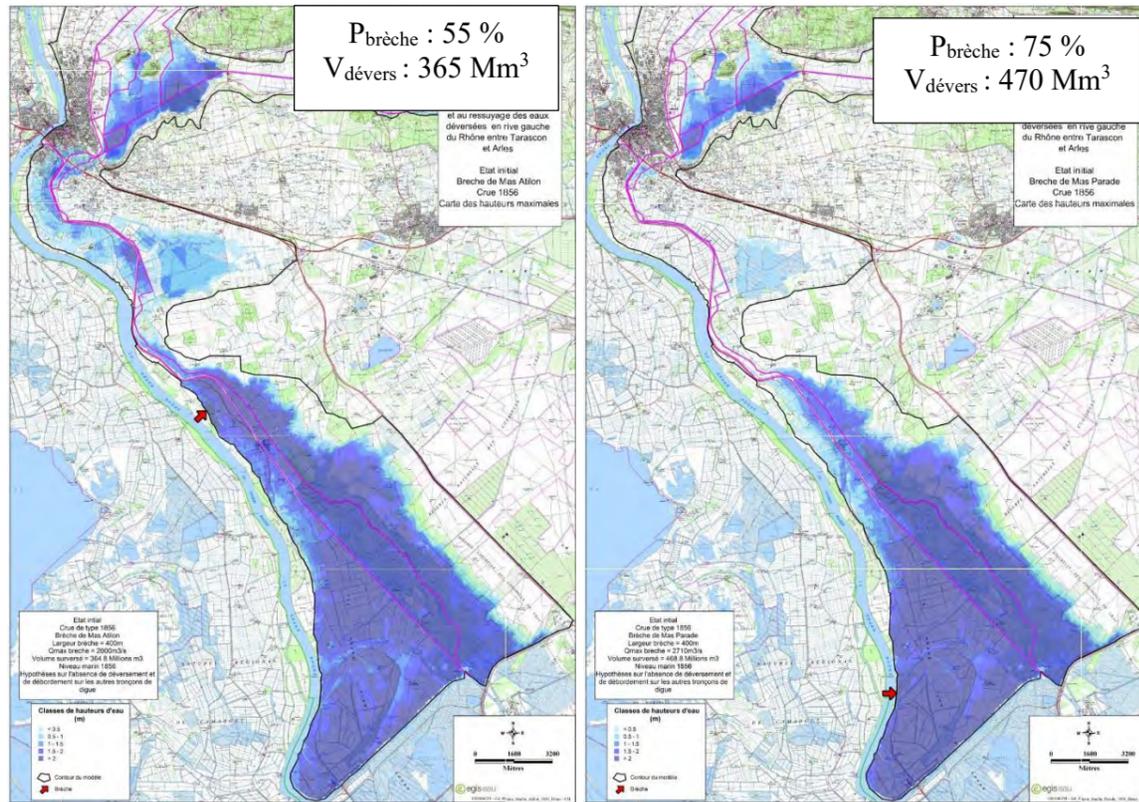
- supérieures à 5 % de Trinquetaille (PRG 01) au Bac du Sauvage à l'exception de tronçons localisés : Beaumont (PRG03), Albaron (PRG09), Sénébier (PRG12). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur les tronçons compris entre le défluent et Sénébier (PRG 01 à PRG 11), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. En aval de Sénébier, aucune entrée d'eau par brèche n'est à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- Compris entre 5 et 50 % sur les remblais en aval du Bac du Sauvage (PRG 15 à 19),

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans la digue du défluent et les digues du Grand Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (D1-GRD01) à Petite Montlong (GRD05),
- supérieures à 5 % de Petite Montlong (GRD 06) à la Palissade (GRD 13). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (GRD 06 & GRD 10 à 12), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

Selon le retour d'expérience historique depuis 1840 et plus particulièrement celui de mai 1856 (volume de déversement de 1800 millions de m³ dans le grand delta), des scénarios d'inondation par brèche, avec des volumes de déversement compris entre 180 et 885 millions de m³ ont été modélisés. On se reportera au chapitre 8 de l'étude de dangers pour de plus amples détails sur les scénarios d'inondation.

En rive gauche amont, deux scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un au droit du lieu-dit de l'Atilon et un au droit du mas de Parade. La figure ci-dessous illustre ces deux modélisations. Elles correspondent à des volumes de déversement respectivement de 365 et 470 millions de m³.



A ces deux scénarios d'inondation par brèche, il faut ajouter le scénario d'inondation sans brèche sur la digue Tarascon et Arles et avec brèche en aval de la RD 35. On notera que dans ce scénario un volume de déversement de 75 millions de m³ contre 375 millions de m³ pour le scénario de brèche seul en amont. On notera également que le rehaussement du SIF a été pris en compte par anticipation dans cette modélisation, compte du faible écart de temps entre la fin des travaux de la digue Tarascon-Arles et la fin des travaux sur le SIF.

En rive gauche en aval du canal du Rhône à Fos, un scénario d'inondation par brèche avec surverse a été modélisé en amont de Port-Saint-Louis-du-Rhône au droit du lieu -dit Bois-François. La figure ci-dessous illustre cette modélisation pour laquelle, on constate également une surverse sans brèche au droit de Salin de Giraud.

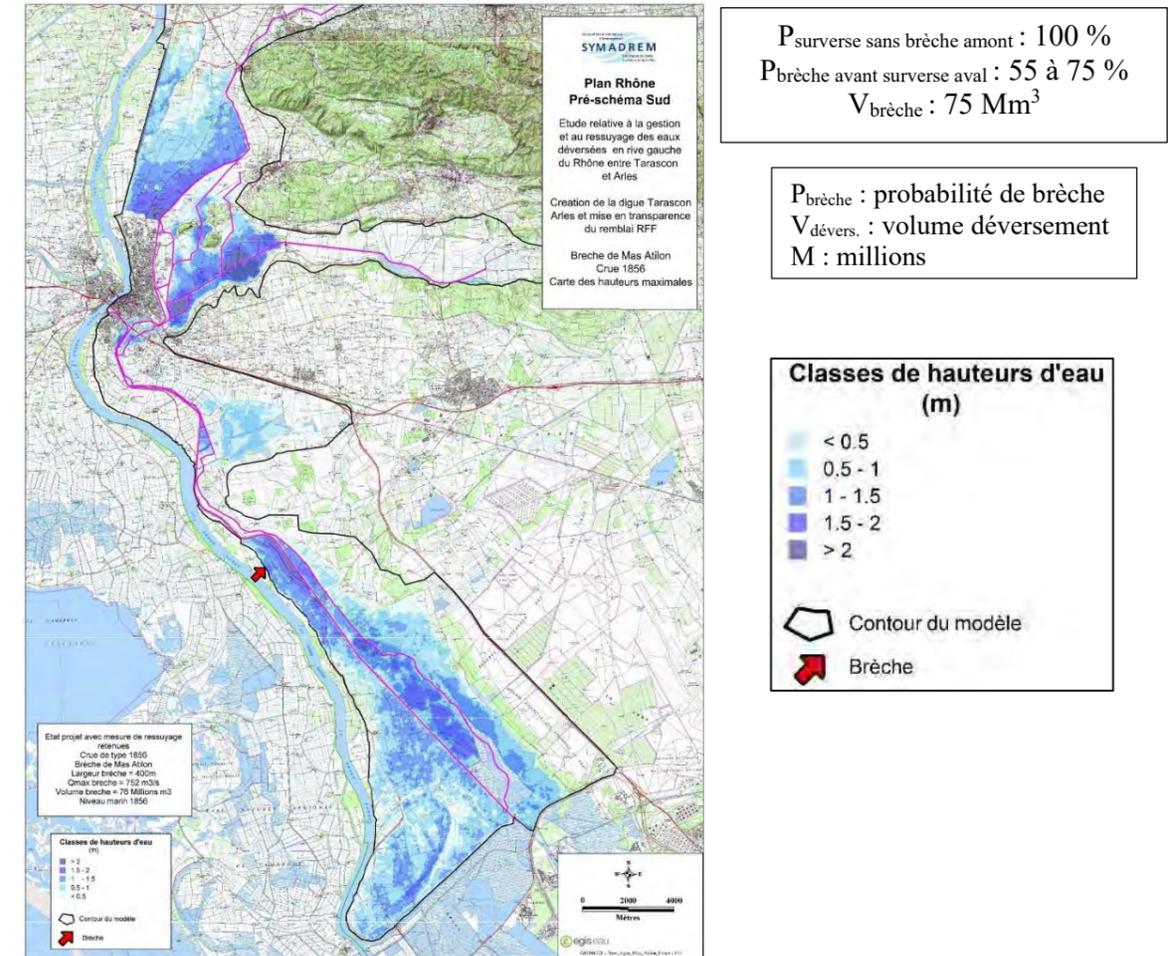


Figure 107. RG : surverse sans brèche en amont et brèche avant surverse en aval – crue à 12 500 m³/s

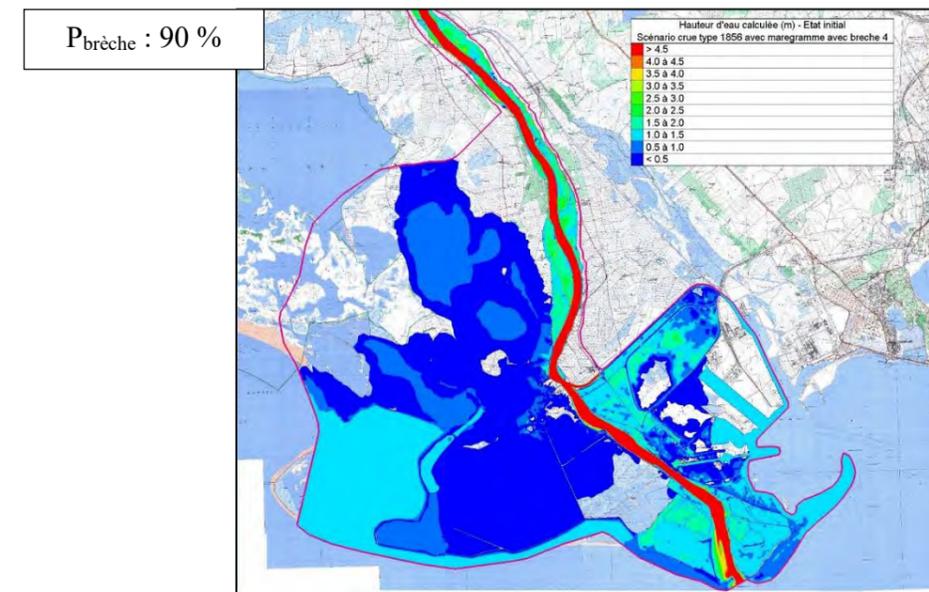


Figure 108. RG : brèche Bois-François (PSL) - digues du Grand Rhône rive gauche – crue à 12 500 m³/s

En rive droite, quatre scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un correspondant à la brèche de la Tourette, un au droit du lieu-dit de la Fosse, un au droit de Claire Farine, un au droit de Capette et un au droit de Sylvéreal.

La figure ci-dessous illustre les trois premières modélisations ; le scénario de Sylvéreal présentant peu d'intérêt. Les modélisations correspondent à des volumes de déversement respectivement de 470, 375, et 340 millions de m³.

Ces quatre scénarios d'inondation par brèche avant ou après surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 et pour le scénario n°3. A ces scénarios d'inondation par brèche, il faut également le scénario de surverse sans brèche sur la digue Beaucaire-Fourques et sur le SIP de Beaucaire pris en compte pour le scénario n°1 et pour le scénario n°3.

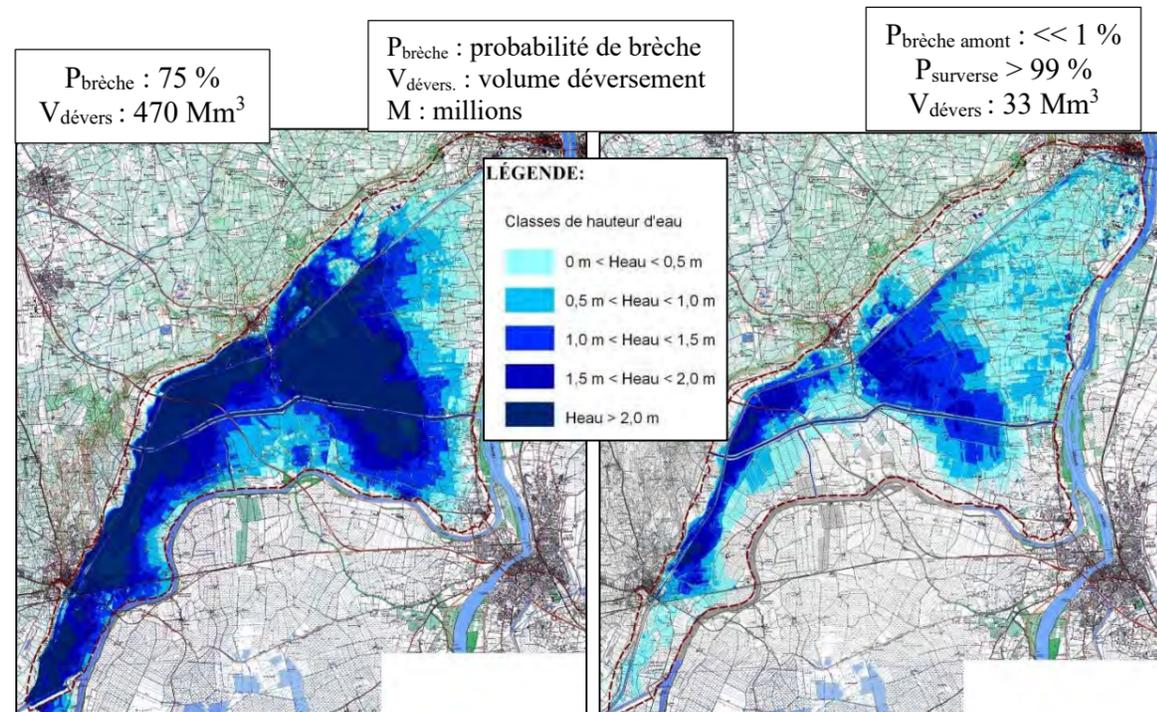


Figure 109. RD : brèche Tourette sans surverse - crue à 14 160 m³/s assimilable à la crue 12 500 m³/s et surverse sans brèche sur la digue Beaucaire Fourques et le SIP de Beaucaire - crue 12 500 m³/s

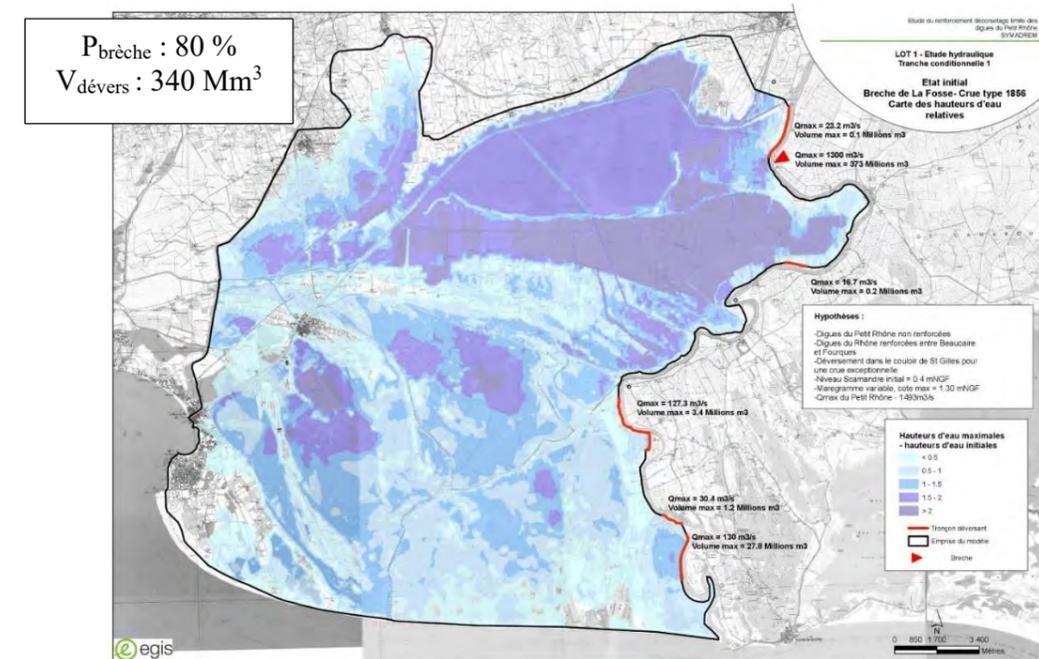
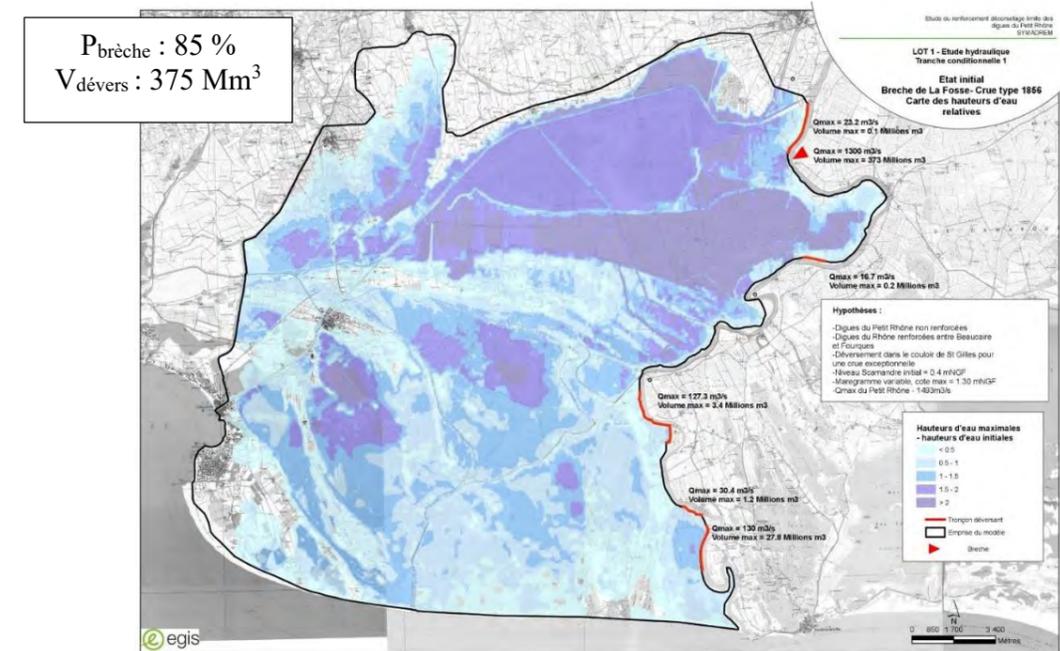
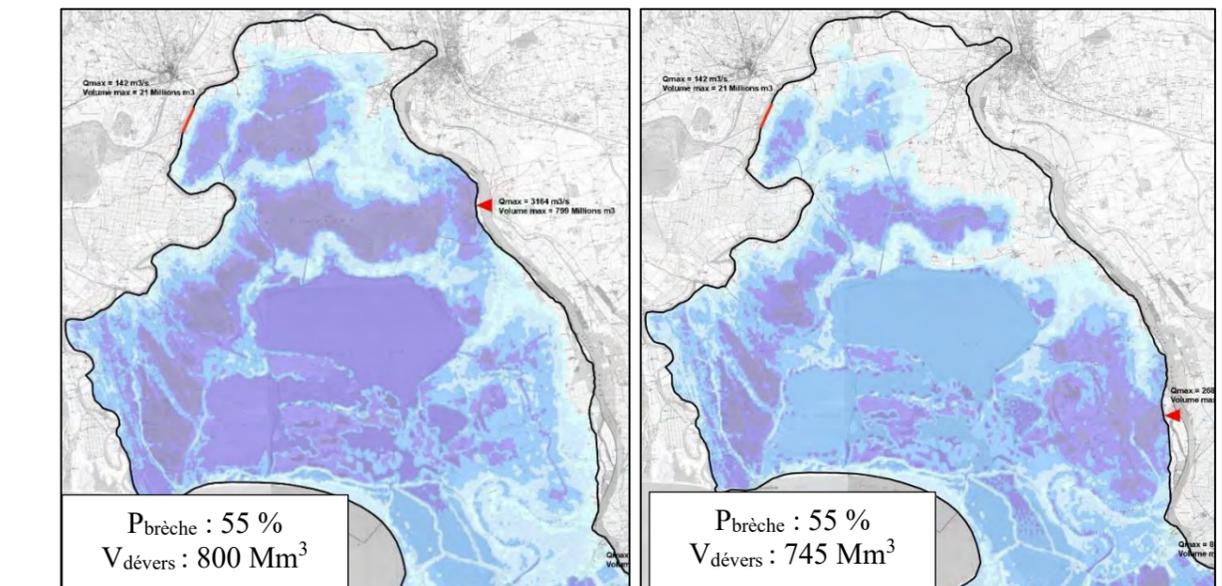
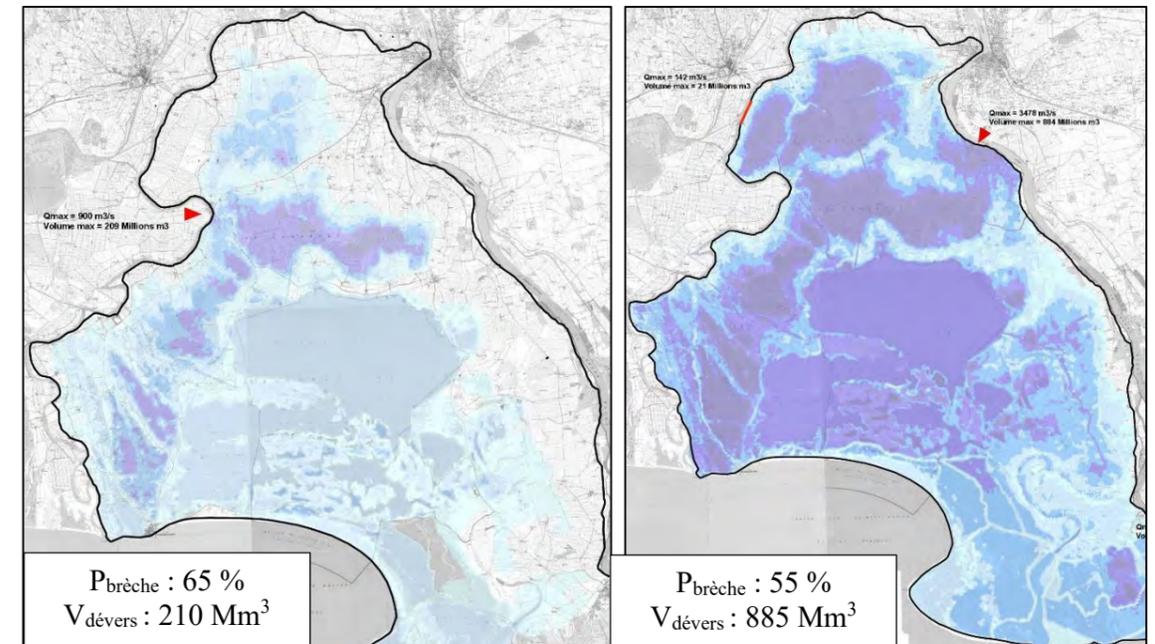
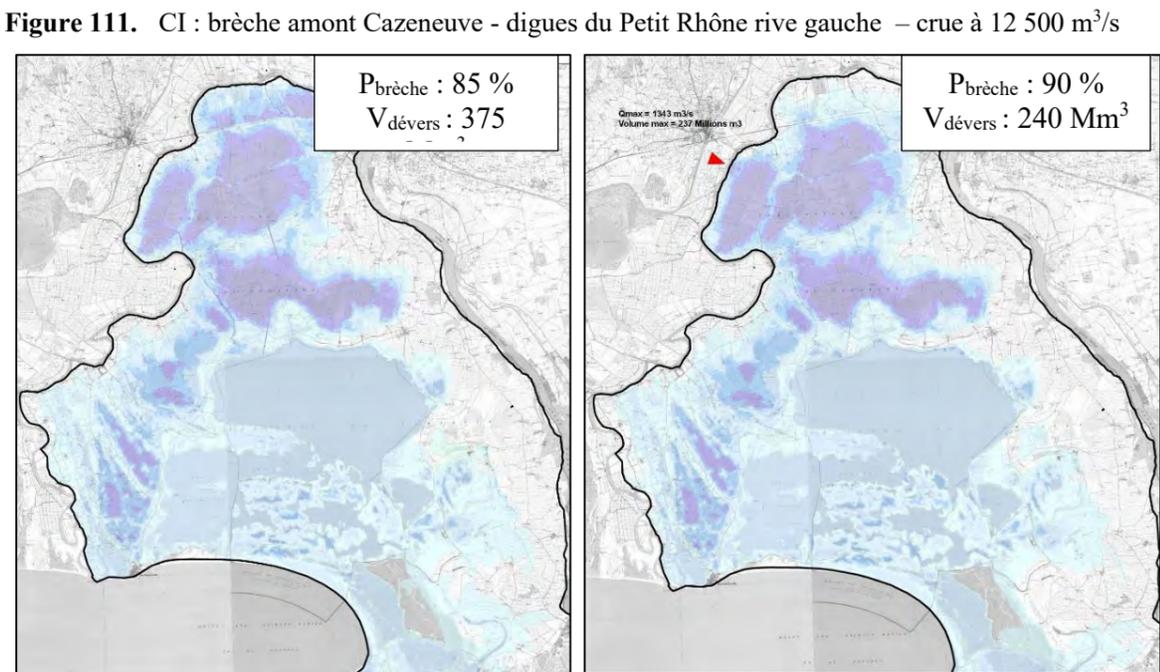
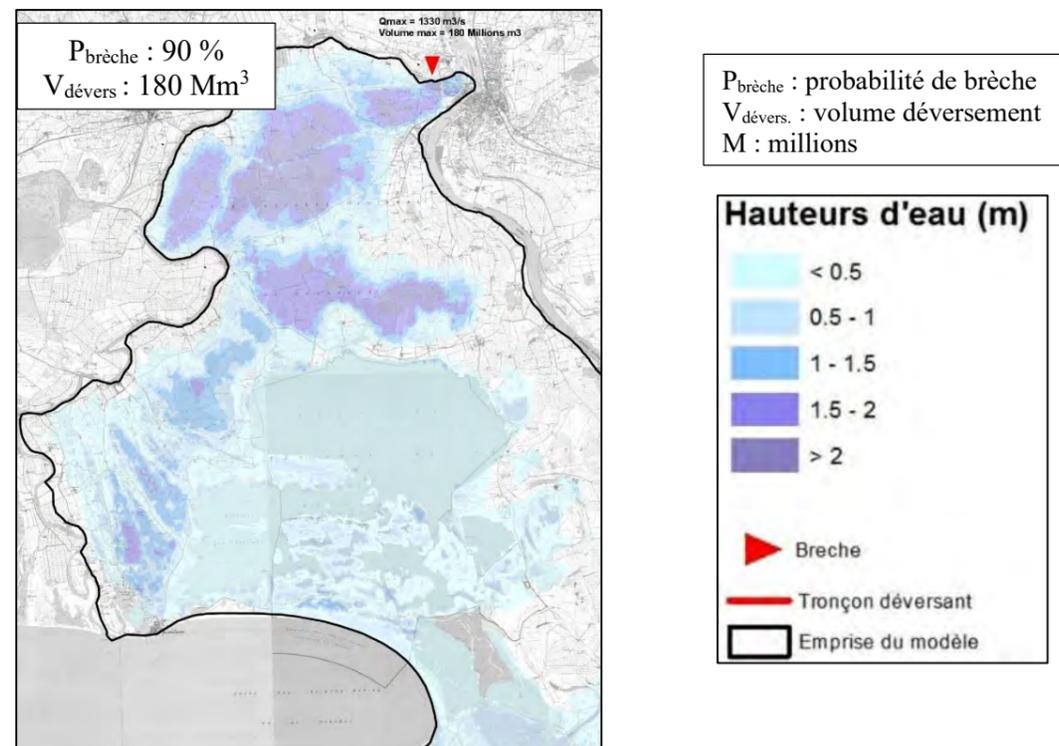


Figure 110. RD : brèches La Fosse et Capette - digues du Petit Rhône rive droite – crue à 12 500 m³/s

En Camargue Insulaire, quatre scénarios d'inondation en provenance des digues du Petit Rhône et six scénarios d'inondation en provenance des digues du Grand Rhône ont été modélisés avec des volumes de déversement compris globalement entre 180 et 885 millions de m³. La cartographie de ces six scénarios probables figure ci-après. Ces dix scénarios sont à retenir pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal et pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.



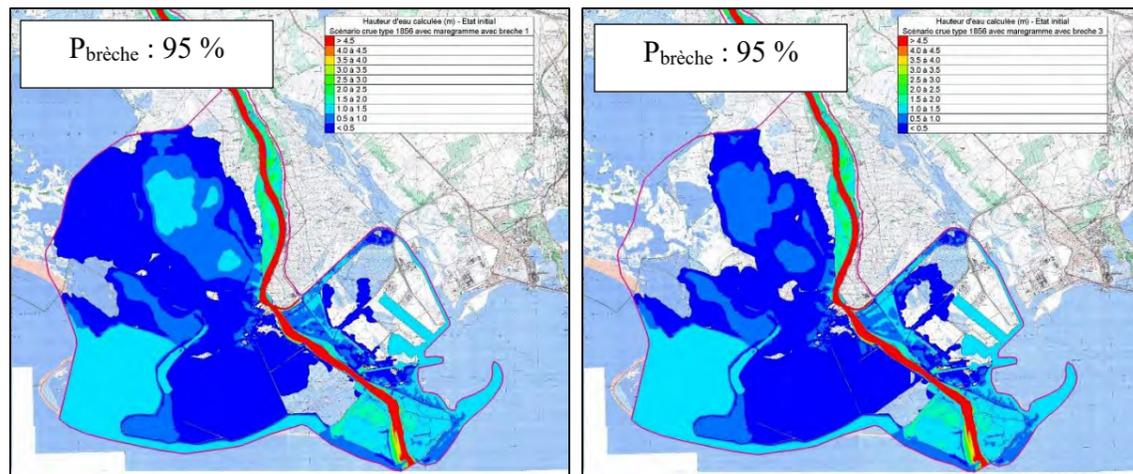


Figure 115. CI : brèches Amérique et Esqueneau - digues du Grand Rhône rive droite – crue à 11 500 m³/s

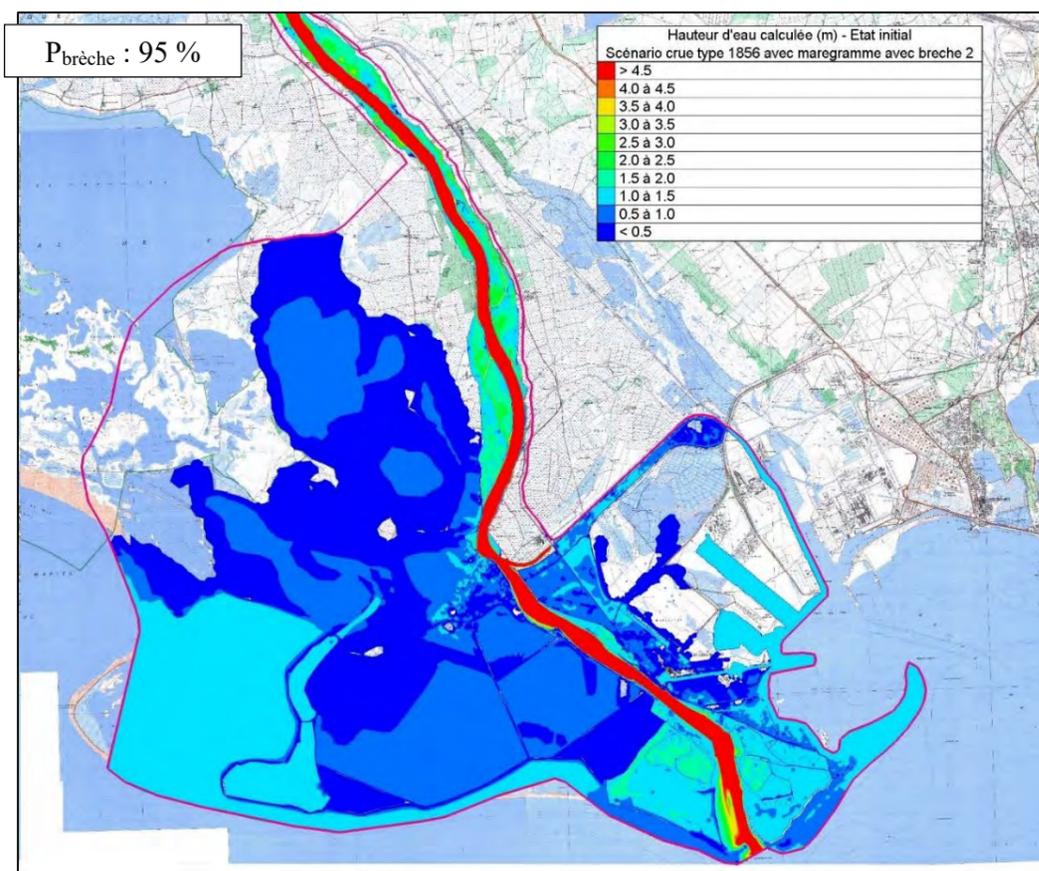


Figure 116. CI : brèche Barcarin - digues du Grand Rhône rive droite – crue à 12 500 m³/s

Les cartes relatives aux zones « pieds secs » et caractérisant la dangerosité des venues d'eaux (sans prise en compte du MNT de la BDT Rhône) de l'annexe 8 figurent en format réduit ci-dessous. Les venues d'eau sont toutes considérées comme dangereuses à l'exception de la partie sud de la Camargue Insulaire, des marais de Meyranne en rive gauche et de certaines zones de la Camargue Gardoise.

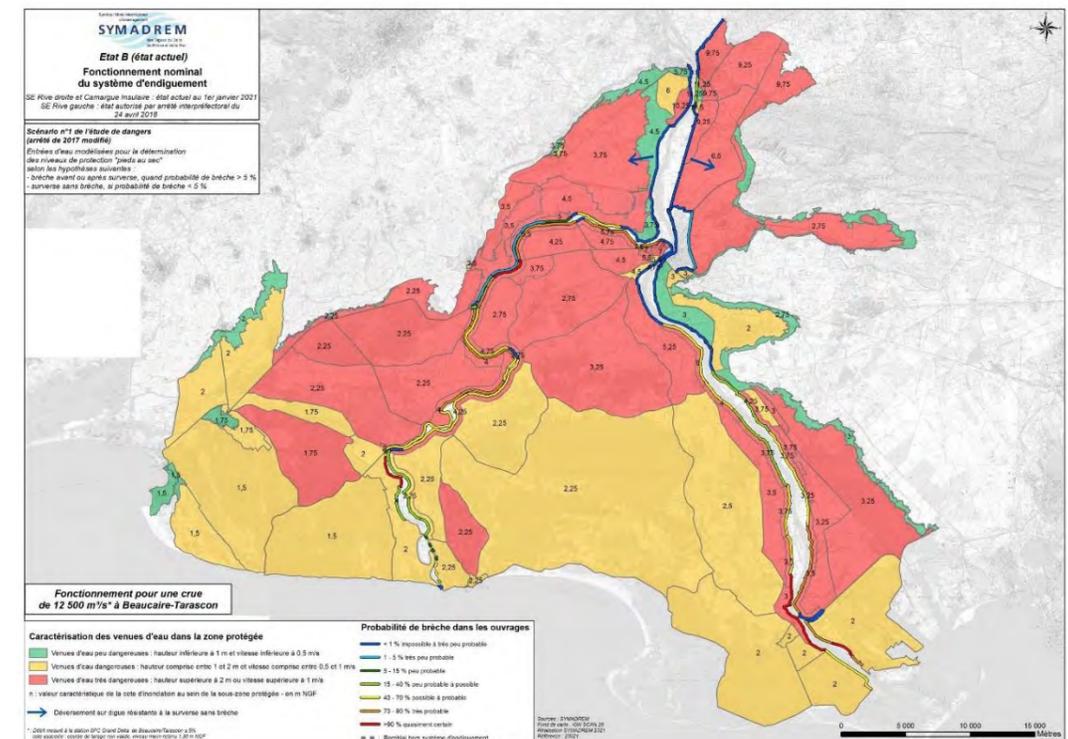


Figure 117. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°1 pour une crue de 12500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

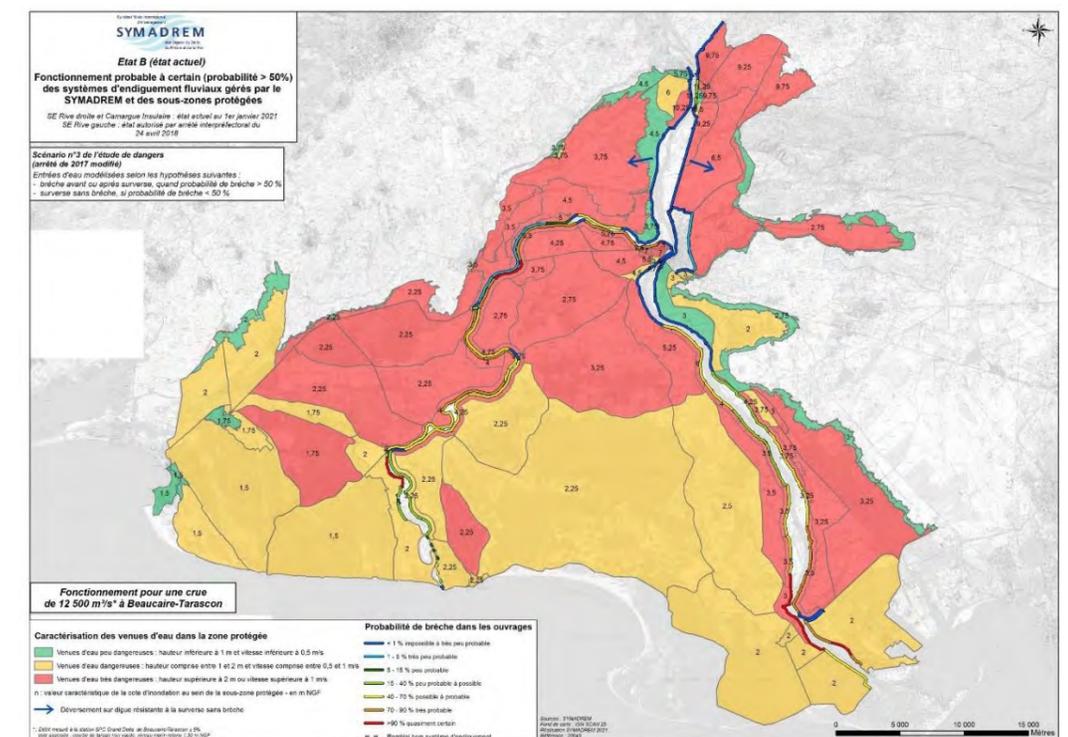


Figure 118. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°3 pour une crue de 12500 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

7.11 FONCTIONNEMENT NOMINAL & PROBABLE A CERTAIN POUR UNE CRUE 14160

Pour une crue, dont le débit atteint un débit de 14160 m³/s ± 5 % à la station gérée par le service prévision des crues grand delta (cote atteinte ne peut être donnée du fait de la non validité de la courbe de tarage en vigueur depuis le 7 décembre 2003 pour cette gamme de débit) conjugué à un niveau marin de 1,50 m NGF ± 10 cm, le fonctionnement des systèmes d'endiguement est le suivant.

En rive gauche, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive gauche et du Grand Rhône rive gauche sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RG 01) jusqu'à la digue route de la RD35 au sud d'Arles (GRG 19) à l'exception du SIF de Tarascon pour lequel, elles sont supérieures à 5 % tout en restant inférieures à 50 %. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.;
- supérieures à 5 %, entre Gallignan (GRG 20) et Barcarin (GRG23). Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur certains tronçons (GRG 21 & GRG 23), les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- supérieures à 5 %, et même à 50 % en aval de Barcarin (GRG 25 à 27), à l'exception des digues de l'écluse de Barcarin. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- inférieures à 1 % ou compris entre 1 et 5 % sur la digue de 2^{ème} rang ceinturant le centre-ville d'Arles.

La digue résistante à la surverse entre Tarascon et Arles fait l'objet de déversements.

En rive droite, les probabilités de brèche dans les digues du Rhône rive droite et du petit Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (RD 01) jusqu'au lieu-dit la Tourette en aval de Fourques (PRD 06) ;
- supérieures à 5 % entre la Tourette et Petit Argence (PRD 07) et l'A54 et Grand Cabanne (PRD 09). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger) sur PRD 07. Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. En revanche, aucune probabilité de brèche ne dépasse la valeur

réglementaire de 50 % (niveau de danger) sur PRD 09. Aucune entrée d'eau par brèche n'est donc à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

- comprises entre 1 et 5 % entre Grand Cabanne (PRD 10) et l'écluse de Saint-Gilles (PRD13) ;
- supérieures à 5 % et même à 50 % sur les tronçons du système en aval de l'écluse de Saint-Gilles. Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté ainsi que les niveaux de danger, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal et pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

La digue résistante à la surverse entre Beaucaire et Fourques fait l'objet de déversements.

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans les digues du Petit Rhône rive gauche sont :

- supérieures à 5 % de Trinquetaille (PRG 01) au Bac du Sauvage à l'exception de tronçons localisés : Beaumont (PRG03), Albaron (PRG09), Sénébier (PRG12). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Sur les tronçons compris entre le défluent et Sénébier (PRG 01 à PRG 11), les probabilités de brèche dépassent la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain. En aval de Sénébier, aucune entrée d'eau par brèche n'est à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.
- compris entre 5 et 50 % sur les remblais en aval du Bac du Sauvage (PRG 15 à 19) à l'exception du Port de l'Amarée (PRG 17) où elles sont supérieures à 50 %,

En Camargue Insulaire, les probabilités de brèche dans la digue du défluent et les digues du Grand Rhône rive droite sont :

- inférieures à 1 % de l'amont du système (D1-GRD01) à Petite Montlong (GRD05),
- supérieures à 5 % de Petite Montlong (GRD 06) à la Palissade (GRD 13). Les niveaux de protection, confondus avec les niveaux de sûreté, sont dépassés. Des entrées d'eau par brèche en provenance de ces tronçons doivent être considérées pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal. Les probabilités de brèche dépassent également la valeur réglementaire de 50 % (niveau de danger). Des entrées d'eau par brèche sont à prendre en compte pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

Selon le retour d'expérience historique depuis 1840 et plus particulièrement celui de novembre 1840 (volume de déversement de 2800 millions de m³ dans le grand delta), des scénarios d'inondation par brèche, avec des volumes de déversement compris entre 575 et 1300 millions de m³ ont été modélisés. On se reportera au chapitre 8 de l'étude de dangers pour de plus amples détails sur les scénarios d'inondation.

En rive gauche amont, deux scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un au droit du lieu-dit de l'Atilon et un au droit du Mas de Parade. La figure ci-dessous illustre ces deux modélisations. Elles correspondent à des volumes de déversement respectivement de 90 et 130 millions de m³.

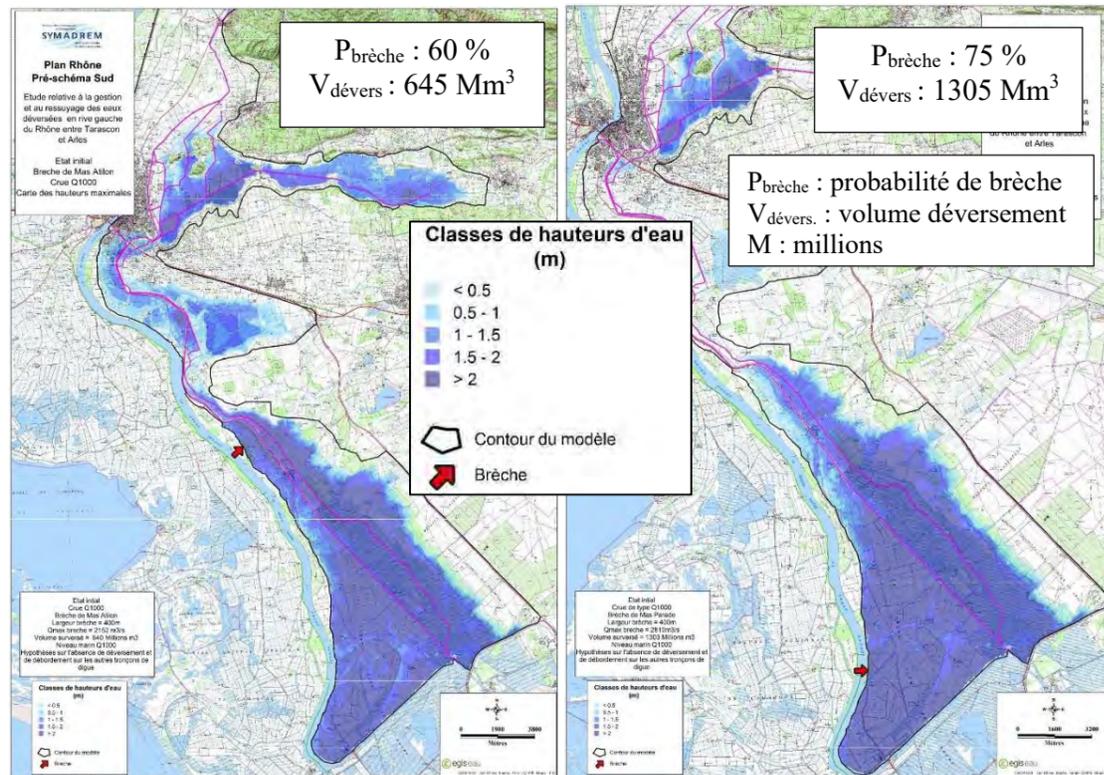


Figure 119. RG : brèches Atilon et Parade - digues du Grand Rhône rive gauche – crue à 14 160 m³/s

En rive gauche en aval du canal du Rhône à Fos, aucun scénario d'inondation par brèche avec surverse a été modélisé. En revanche, le scénario de surverse sans brèche avec marégramme constant est suffisamment pessimiste pour être assimilé à un scénario avec brèche.

A ces deux scénarios d'inondation par brèche, il faut ajouter le scénario d'inondation sans brèche sur la digue Tarascon et Arles et marégramme constant. Si la prise en compte d'un marégramme variable constant en aval est pessimiste, cette hypothèse reste très optimiste par rapport au risque de brèche en aval. On notera également que le rehaussement du SIF a été pris en compte par anticipation dans cette modélisation, compte du faible écart de temps entre la fin des travaux de la digue tarascon-arles et la fin des travaux sur le SIF.

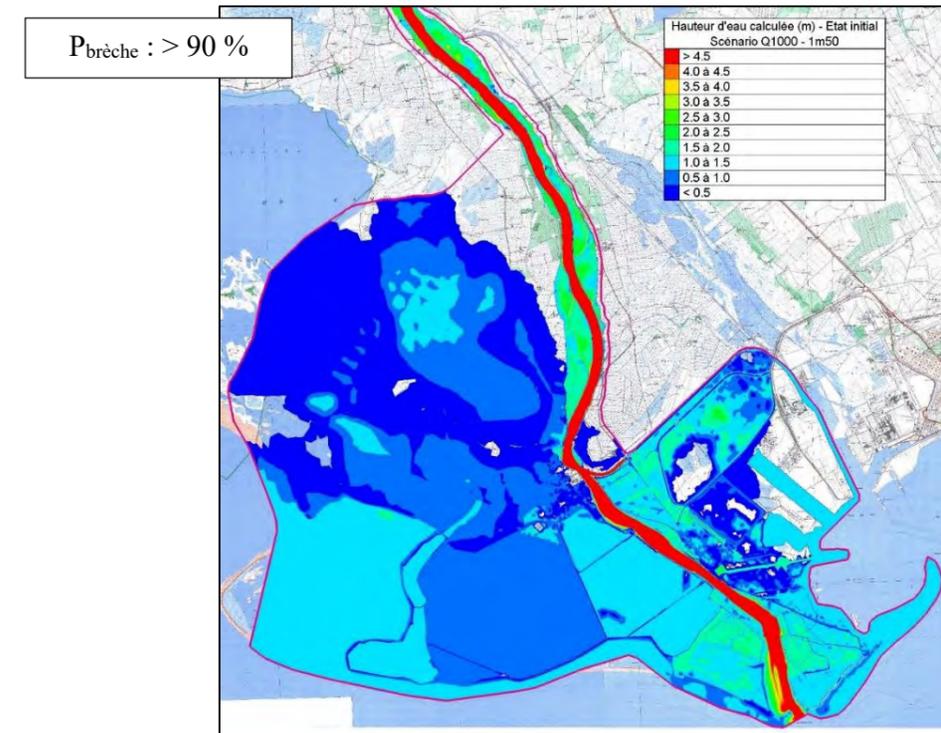
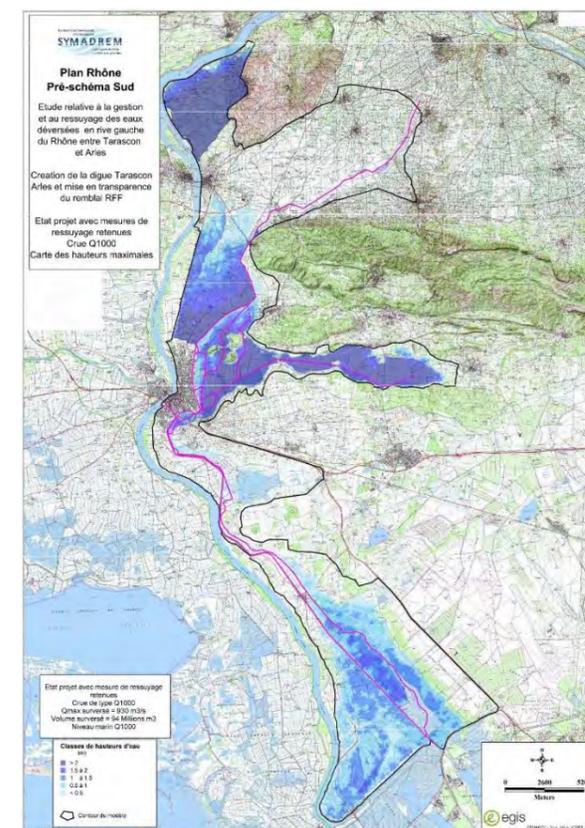


Figure 120. RG et CI - surverse sans brèche - digues du Grand Rhône aval – crue à 14 160 m³/s



P_{surverse sans brèche amont} : 100 %
P_{brèche avant surverse aval} : 60 à 75 %
V_{brèche} : non pris en compte
V_{surverse} : 110 Mm³

P_{brèche} : probabilité de brèche
V_{dévers.} : volume déversement
M : millions

Figure 121. RG : surverse sans brèche en amont et marégramme constant en aval – crue à 14 160 m³/s

En rive droite, quatre scénarios d'inondation par brèche ont été modélisés, un correspondant à la brèche de la Tourette, un au droit du lieu-dit de la Fosse, un au droit de Claire Farine, un au droit de Capette et un au droit de Sylvéreal. La figure ci-dessous illustre les trois premières modélisations ; le scénario de Sylvéreal présentant peu d'intérêt. Les modélisations correspondent à des volumes de déversement respectivement de 680, 1 115, et 1 020 millions de m³. Ces trois scénarios d'inondation par brèche avant ou après surverse, compte tenu de leur probabilité pour la gamme de crue considérée, sont pris en compte pour le scénario n°1 et pour le scénario n°3. A ces scénarios d'inondation par brèche, il faut également le scénario de surverse sans brèche sur la digue Beaucaire-Fourques et sur le SIP de Beaucaire.

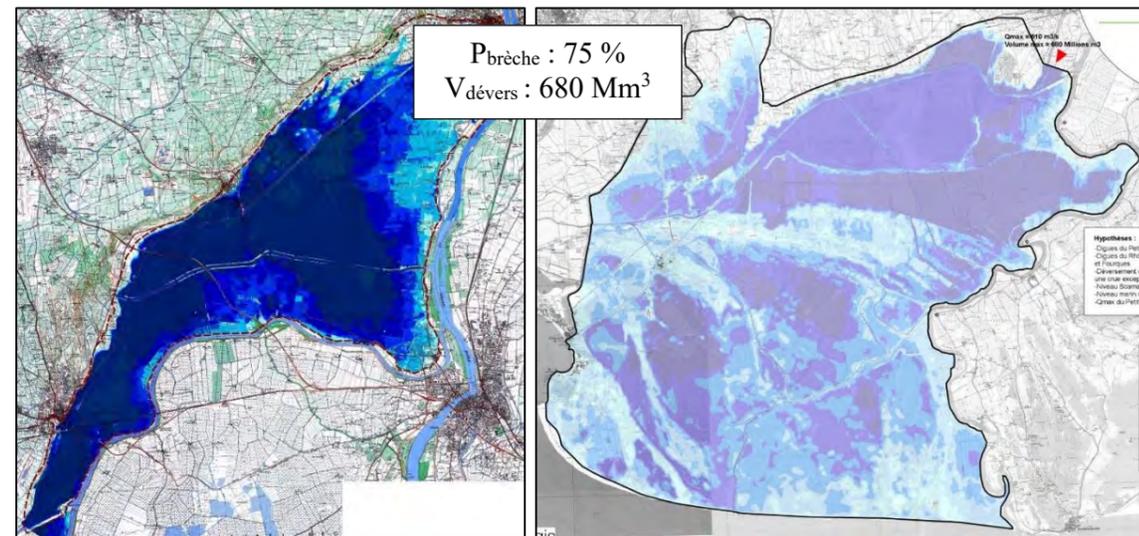


Figure 122. RD : brèche Tourette avec surverse - crue à 14 160 m³/s – modélisations plaine de Beaucaire et Camargue Gardoise

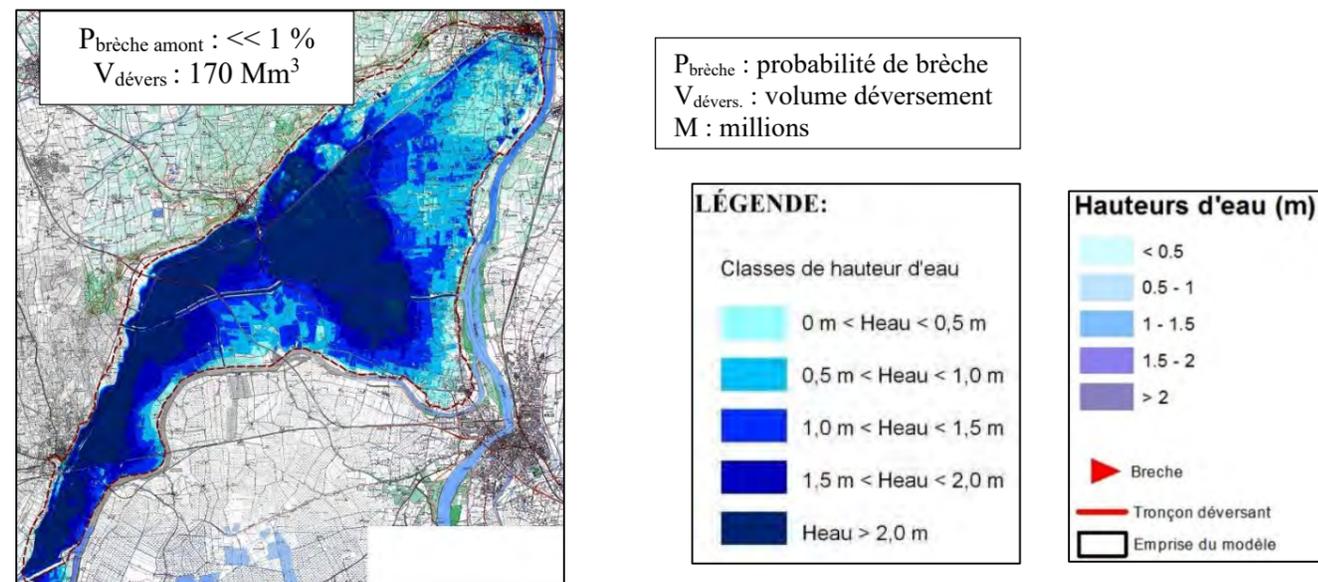


Figure 123. RD - surverse sans brèche sur la digue Beaucaire Fourques et le SIP de Beaucaire - crue 14 160 m³/s

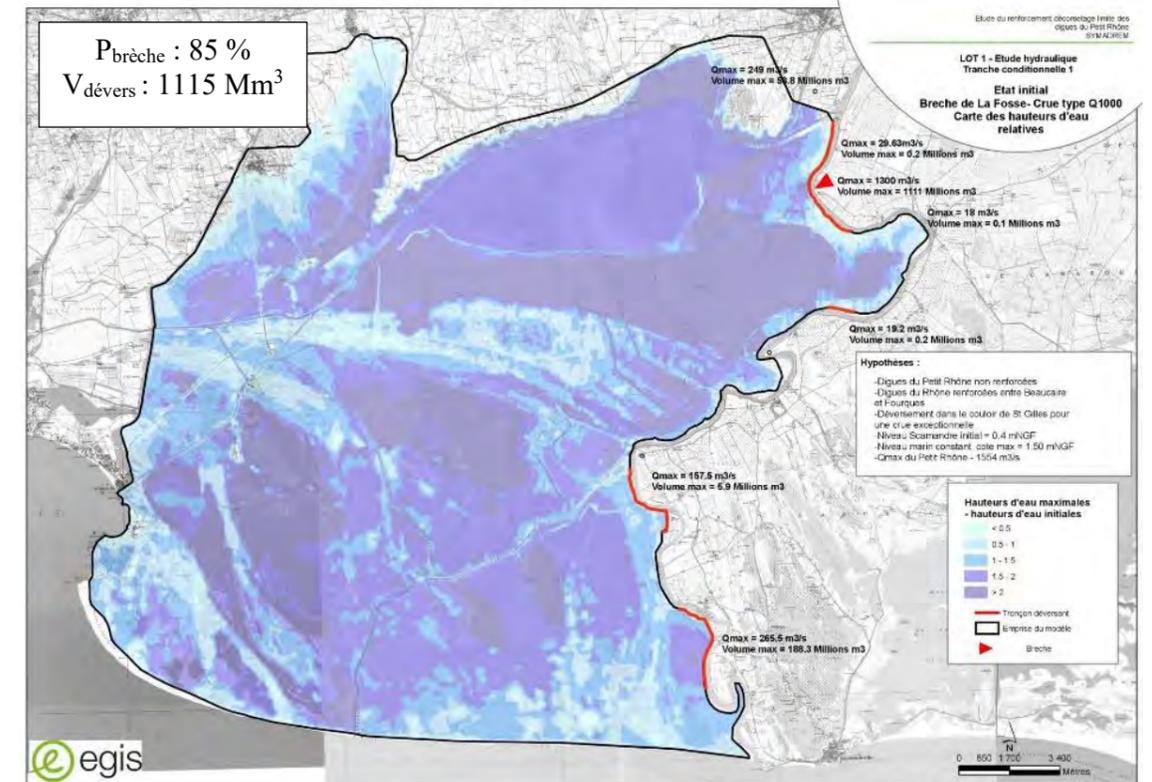
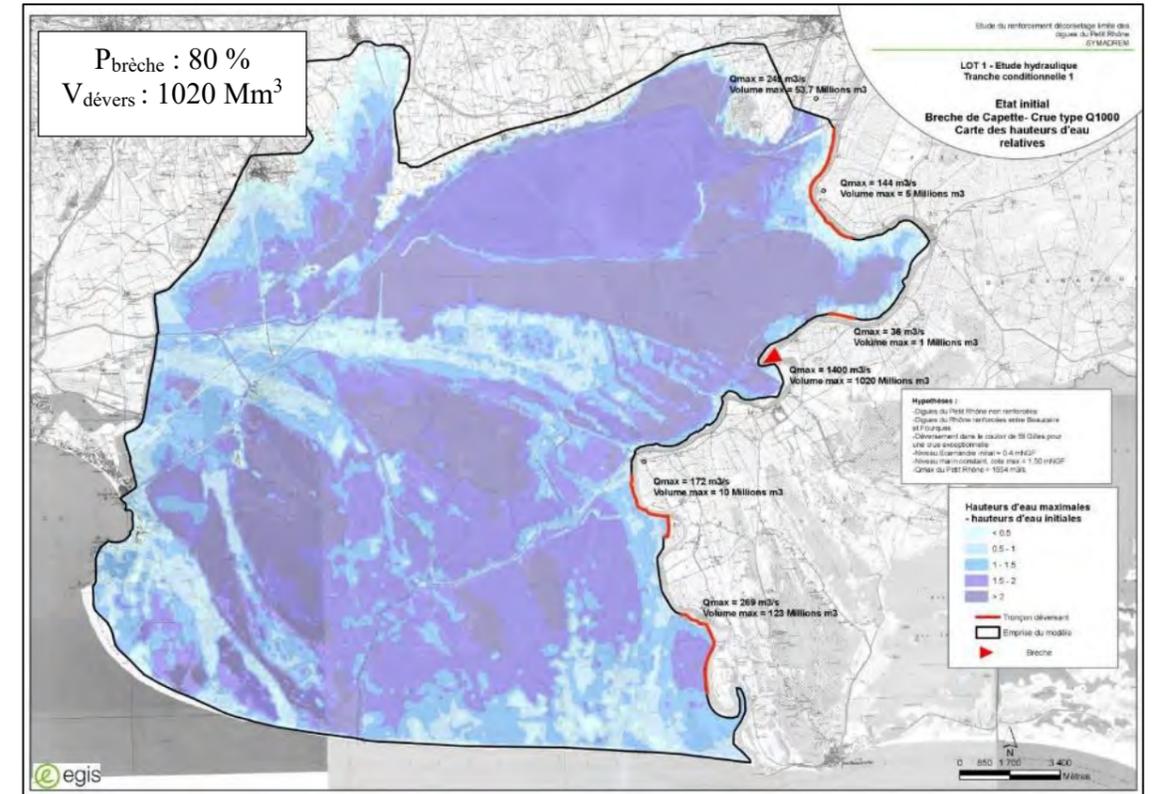


Figure 124. RD : brèches La Fosse et Capette - digues du Petit Rhône rive droite – crue à 14 160 m³/s

En Camargue Insulaire, trois scénarios d'inondation en provenance des digues du Petit Rhône et trois scénarios d'inondation en provenance des digues du Grand Rhône ont été modélisés avec des volumes de déversement compris globalement entre 575 et 1200 millions de m³. La cartographie de ces six scénarios probables figure ci-après. Ces dix scénarios sont à retenir pour le scénario n°1 relatif au fonctionnement nominal et pour le scénario n°3 relatif au fonctionnement probable à certain.

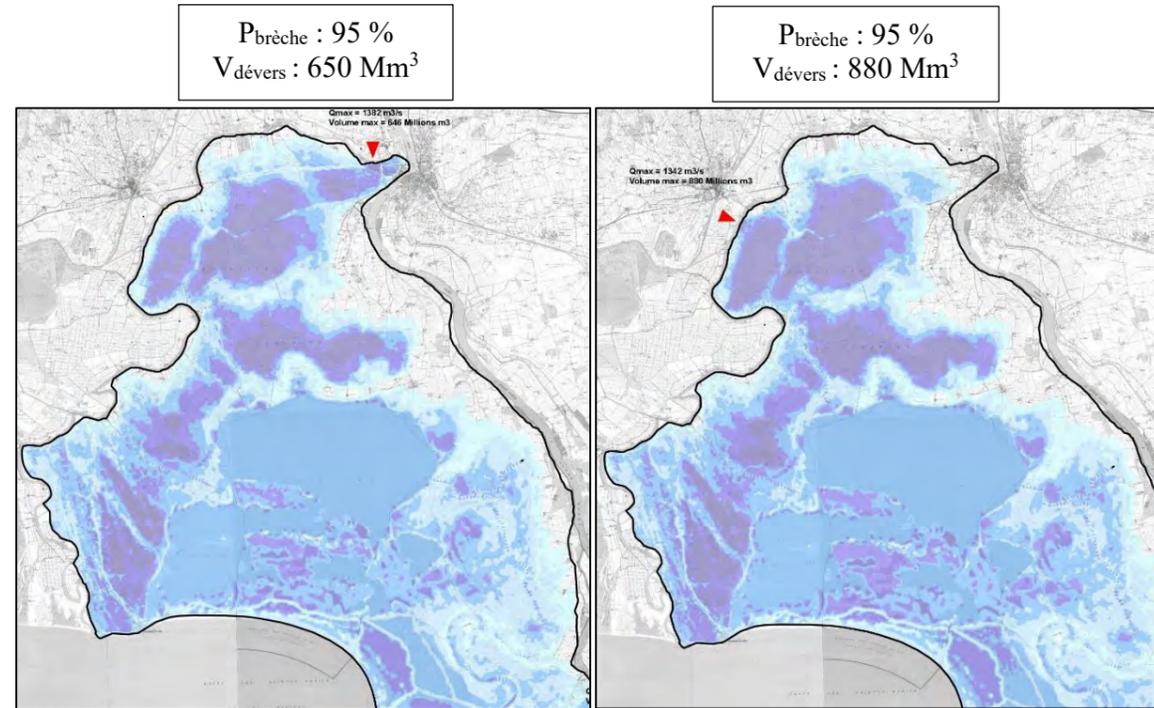


Figure 125. CI ; brèches Amont Cazeneuve et Cazeneuve - digues du Petit Rhône rive gauche – 14 160 m³/s

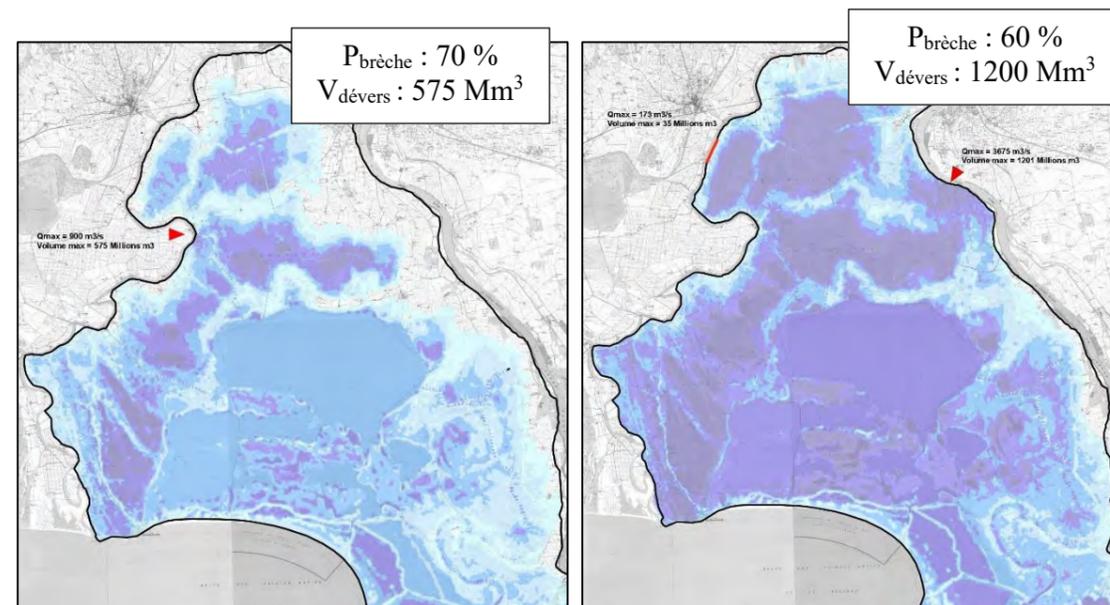


Figure 126. CI : brèches aval Albaron et Montlong – crue à 14 160 m³/s

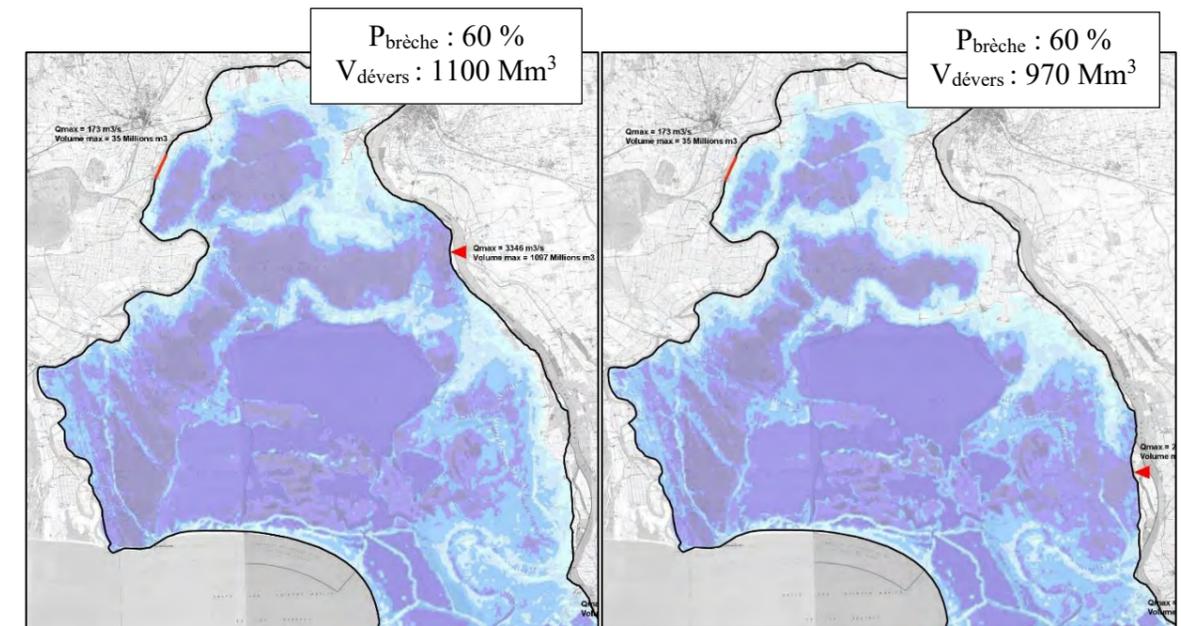
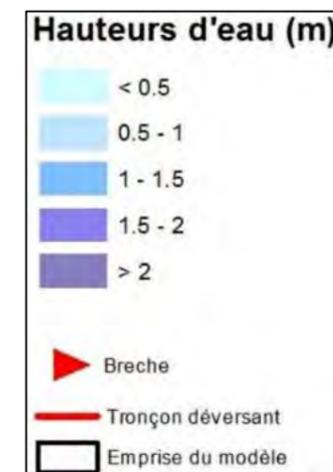


Figure 127. CI : brèches Augery et Boisverdu - digues du Grand Rhône rive droite – crue à 14 160 m³/s

Les cartes relatives aux zones « pieds secs » et caractérisant la dangerosité des venues d'eaux (sans prise en compte du MNT de la BDT Rhône) de l'annexe 9 figurent en format réduit ci-dessous.

Les venues d'eau sont toutes considérées comme dangereuses à l'exception de la partie sud de la Camargue Insulaire, des marais de Meyranne en rive gauche et de certaines zones de la Camargue Gardoise.

P_{brèche} : probabilité de brèche
 V_{dévers.} : volume déversement
 M : millions



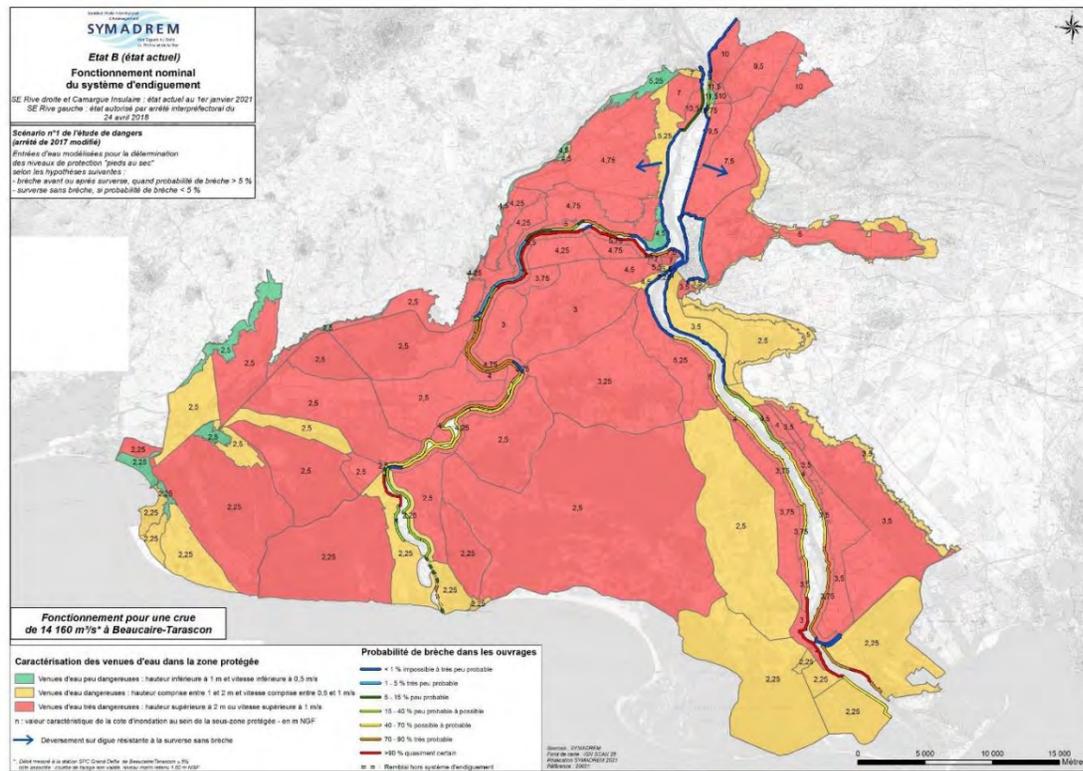


Figure 128. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°1 pour une crue de 14 160 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

7.12 NIVEAUX DE PROTECTION

La cartographie des niveaux de protection avec les incertitudes liées aux valeurs figurent en format réduit ci-dessous. Elle figure en format A3 dans l'annexe 10.

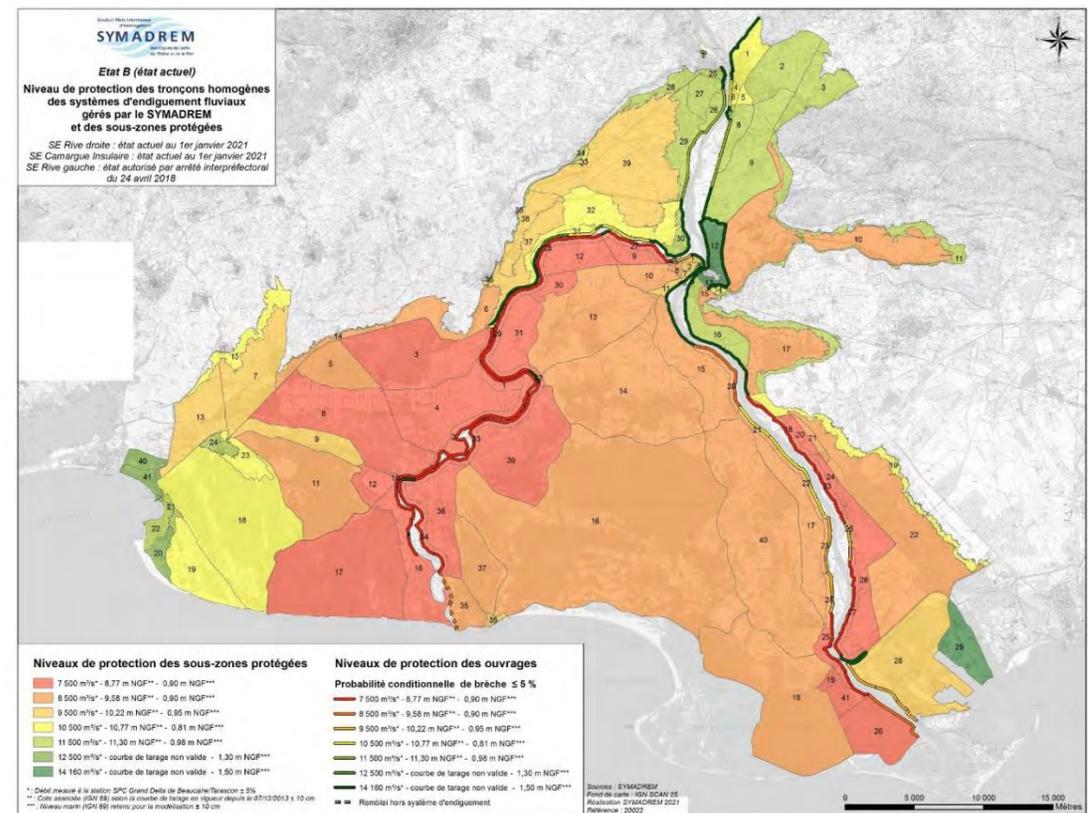


Figure 130. Etat B : Niveaux de protection dans l'état actuel ou autorisé (pour la rive gauche) au 1^{er} janvier 2021 (avec numéros des sous-zones protégées)

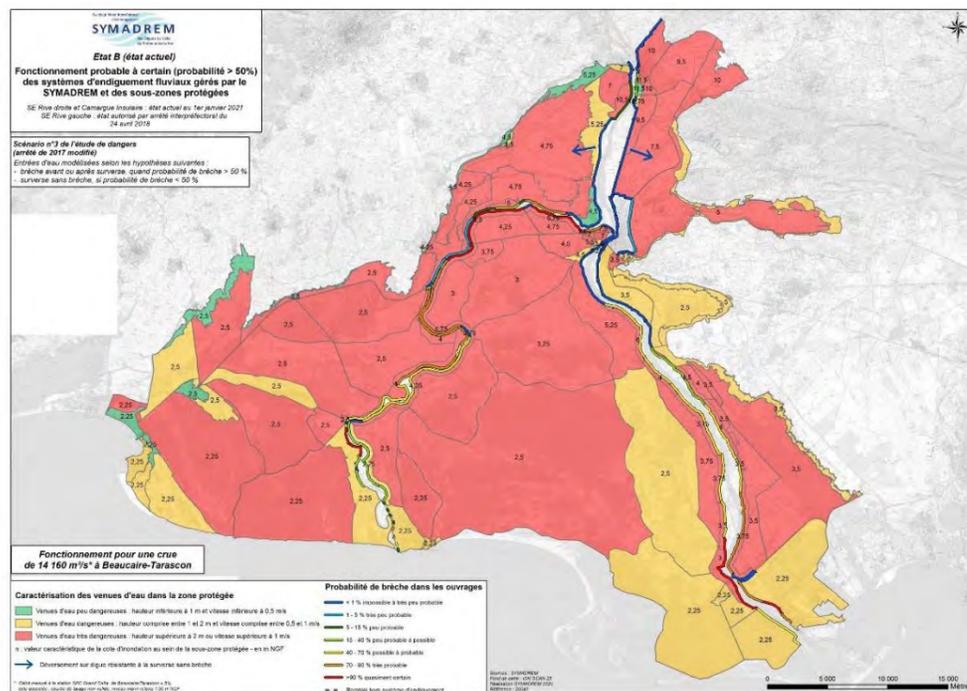


Figure 129. Delta du Rhône – Etat B - scénario EDD n°3 pour une crue de 14160 m³/s à Beaucaire/Tarascon - zones pieds secs et dangerosité des venues d'eau

Les trois tableaux, qui suivent, indiquent respectivement pour chaque système d'endiguement et chaque sous-zone protégée : le niveau de protection réglementaire et au-delà de ce dernier la cote caractéristique d'inondation (en m NGF). Les deux fonctionnements respectivement nominal (scénario n°1 qui sert à la définition des niveaux de protection) et probable à certain (scénario n°3) y figurent. La couleur indique la dangerosité des venues d'eau au-delà du niveau de protection (vert : peu dangereuses ; orange : dangereuses et rouge : très dangereuses). On peut ainsi voir que pour certaines sous-zones protégées, on passe d'une garantie pieds secs avec une probabilité résiduelle de brèche ≤ 5 % à un inondation potentiellement très dangereuse (probabilité de brèche > 5 %) ou à une inondation graduellement dangereuse (d'abord vert, puis orange, et rouge), même si cette vision est purement théorique puisqu'à l'exception de la surverse sans brèche sur la digue résistante à la surverse, toutes les autres inondations sont causées par brèche. On peut donc passer, pour chaque sous-zone protégée, d'un état pied sec à un état très dangereux.

Tableau 36. Rive gauche - Etat autorisé au 1^{er} janvier 2021 – zones pieds secs, niveaux de protection et cotes caractéristiques d'inondation au-delà en fonction du débit à Beaucaire-Tarascon ($\pm 5\%$)

Casier ZP	Individus (Nb)	Fonctionnement nominal du système							Niveau Protection	Fonctionnement probable à certain (P > 50 %)						
		7 500	8 500	9 500	10 500	11 500	12 500	14 160		7 500	8 500	9 500	10 500	11 500	12 500	14 160
1	11 225					9,5	9,75	10	10500						9,75	10
2	1 461						9,25	9,5	11500						9,25	9,5
3	1 013						9,75	10	11500						9,75	10
4	135					11	11,25	11,5	10500						11,25	11,5
5	192					9,5	9,75	10	10500						9,75	10
6	3					11	11,25	11,5	10500					11	11,25	11,5
7	0						10,5	10,75	11500						10,5	10,75
8	76						9,25	9,5	11500						9,25	9,5
9	398						6,5	7,5	11500						6,5	7,5
10	204			1,5	1,5	2	2,75	5	8500				1,5	2	2,75	5
11	1 657						2,75	5	11500						2,75	5
12	14 029								14160							
13	6 142								14160							
14	27					2,5	3	3,5	10500					2,5	3	3,5
15	14			2,5	2,5	3	3	3,5	8500				2,5	3	3	3,5
16	6 684						3	3,5	11500						3	3,5
17	76			1	1	1	2	2,5	8500				1	1	2	2,5
18	1		2,25	3,75	4	4,25	4,25	4,5	7500				4	4,25	4,25	4,5
19	61					2,5	3	3,5	10500					2,5	3	3,5
20	45		2	3,5	3,5	3,75	3,75	4	7500				3,5	3,75	3,75	4
21	552			2	2,5	2,75	3	3,5	8500				2,5	2,75	3	3,5
22	51			2	2	2,5	3,25	3,5	8500				2	2,5	3,25	3,5
23	83		2	3,5	3,75	3,75	3,75	4	7500				3,75	3,75	3,75	4
24	190		2	3,5	3,5	3,75	3,75	3,5	7500				3,5	3,75	3,75	3,5
25	45				3	3,25	3,25	3,5	9500				3	3,25	3,25	3,5
26	80		1,25	2	2	2,5	3,25	3,5	7500				2	2,5	3,25	3,5
27	41		1,25	2,5	2,5	3	3,5	3,75	7500				2,5	3	3,5	3,75
28	7 475				1,5	1,75	2	2,25	9500				1,5	1,75	2	2,25

Tableau 37. Rive droite - Etat actuel au 1^{er} janvier 2021 – zones pieds secs, niveaux de protection et cotes caractéristiques d'inondation au-delà en fonction du débit à Beaucaire-Tarascon ($\pm 5\%$)

Casier ZP	Individus (Nb)	Fonctionnement nominal du système							Niveau Protection	Fonctionnement probable à certain (P > 50 %)						
		7 500	8 500	9 500	10 500	11 500	12 500	14 160		7 500	8 500	9 500	10 500	11 500	12 500	14 160
1	20		1,25	3,75	4,00	4,00	4,00	4,00	7 500			3,75	4,00	4,00	4,00	4,00
2	28		1,25	3,75	4,00	4,00	4,00	4,00	7 500			3,75	4,00	4,00	4,00	4,00
3	24		0,75	1,25	1,75	2,00	2,25	2,50	7 500			1,25	1,75	1,75	2,25	2,50
4	7		0,50	1,25	1,75	2,00	2,25	2,50	7 500			1,25	1,75	1,75	2,25	2,50
5	0			1,25	1,75	1,75	2,25	2,50	8 500			1,25	1,75	1,75	2,25	2,50
6	47			1,25	1,75	2,25	2,25	2,50	8 500			1,25	1,75	1,75	2,25	2,50
7	266				1,50	1,75	2,00	2,50	9 500				1,50	1,50	2,00	2,50
8	285		0,50	1,00	1,75	1,75	2,25	2,50	7 500			1,00	1,75	1,75	2,25	2,50
9	235				1,25	1,50	1,75	2,50	9 500				1,25	1,25	1,75	2,50
10	0		1,25	2,00	2,00	2,00	2,00	2,50	7 500			2,00	2,00	2,00	2,00	2,50
11	49			0,50	0,75	1,25	1,75	2,50	8 500			0,50	0,75	1,00	1,75	2,50
12	8		0,00	1,50	1,50	1,75	2,00	2,50	7 500		0,00	1,50	1,50	1,75	2,00	2,50
13	141				1,50	1,50	2,00	2,50	9 500				1,50	1,50	2,00	2,50
14	267				1,75	1,75	2,25	2,50	9 500				1,75	1,75	2,25	2,50
15	679					1,75	2,00	2,50	10 500					1,75	2,00	2,50
16	46		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,25	7 500		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,25
17	0		1,25	1,25	1,25	1,25	1,50	2,25	7 500		1,25	1,25	1,25	1,25	1,50	2,25
18	135					1,00	1,50	2,25	10 500					0,75	1,50	2,25
19	60					0,50	1,50	2,25	10 500						1,50	2,25
20	149							2,25	12 500							2,25
21	2 168						1,50	2,25	11 500						1,50	2,25
22	4 479						1,50	2,25	11 500						1,50	2,25
23	810					1,25	1,75	2,50	10 500					0,75	1,75	2,50
24	7 477						1,75	2,50	11 500						1,75	2,50
25	3 624						5,75	7,00	11 500						5,75	7,00
26	23						10,25	10,50	11 500						10,25	10,50
27	1 073						6,00	7,00	11 500						6,00	7,00
28	972						4,50	5,25	11 500						4,50	5,25
29	252						4,50	5,25	11 500						4,50	5,25
30	2 288						3,75	4,50	11 500						3,75	4,50
31	60					4,75	5,00	5,00	10 500						5,00	5,00
32	343					4,25	4,50	4,75	10 500						4,50	4,75
33	992					3,50	3,75	4,50	10 500						3,75	4,50
34	1 509						3,75	4,50	11 500						3,75	4,50
35	394							4,50	12 500							4,50
36	476					3,25	3,50	4,25	10 500						3,50	4,25
37	430				1,75	3,25	3,50	4,25	9 500			1,75	1,75	3,50	4,25	
38	12				1,75	3,25	3,50	4,25	9 500			1,75	1,75	3,50	4,25	
39	964				1,75	3,50	3,75	4,75	9 500			1,75	1,75	3,75	4,75	
40	0							2,25	12 500							2,25
41	2 593							2,25	12 500							2,25

Tableau 38. Camargue Insulaire - Etat actuel au 1^{er} janvier 2021 – zones pieds secs, niveaux de protection et cotes caractéristiques d'inondation au-delà en fonction du débit à Beaucaire-Tarascon ($\pm 5\%$)

Casier ZP	Individus (Nb)	Fonctionnement nominal du système							Niveau Protection	Fonctionnement probable à certain (P > 50 %)						
		7 500	8 500	9 500	10 500	11 500	12 500	14 160		7 500	8 500	9 500	10 500	11 500	12 500	14 160
1	1 289				7,00	7,50	7,50	7,50	9500					7,50	7,50	7,50
2	2 754				6,50	7,00	7,00	7,00	9500					7,00	7,00	7,00
3	1 132								14160							
4	94			5,00	7,00	7,50	7,50	7,50	8500				5,00	7,50	7,50	7,50
5	459			5,00	6,50	7,00	7,00	7,00	8500				5,00	7,00	7,00	7,00
6	719			4,00	5,25	5,50	5,50	5,50	8500				4,00	5,50	5,50	5,50
7	185				5,25	5,50	5,50	5,50	9500					5,50	5,50	5,50
8	7					4,75	4,75	5,25	10500					4,75	4,75	5,25
9	19		1,75	4,25	4,75	4,75	4,75	4,75	7500			3,00	4,75	4,75	4,75	4,75
10	717			3,00	4,00	4,50	4,50	4,50	8500			3,00	3,00	4,50	4,50	4,50
11	85				4,25	4,50	4,50	4,50	9500					4,50	4,50	4,50
12	17		1,75	3,75	4,25	4,25	4,25	4,25	7500			3,75	4,25	4,25	4,25	4,25
13	168			2,00	2,00	2,50	2,75	3,00	8500			2,00	2,00	2,50	2,75	3,00
14	229			2,25	2,50	3,00	3,25	3,25	8500			0,50	1,50	3,00	3,25	3,25
15	265			4,00	4,50	5,00	5,25	5,25	8500					5,00	5,25	5,25
16	86			0,50	1,00	1,25	2,25	2,50	8500			0,50	1,00	1,00	2,25	2,50
17	240			2,25	2,75	3,25	3,50	3,75	8500				2,25	2,25	3,50	3,75
18	34			1,00	1,25	1,50	2,00	2,25	8500				1,25	1,50	2,00	2,25
19	1 915		1,50	1,50	1,75	2,00	2,00	2,25	7500				1,75	2,00	2,00	2,25
20	5			4,75	5,00	5,50	6,00	6,00	8500					5,50	6,00	6,00
21	9			3,00	3,25	3,75	4,00	4,00	8500					3,75	4,00	4,00
22	5			2,25	3,25	3,75	3,75	3,75	8500					2,25	3,50	3,75
23	4			2,25	3,25	3,75	3,75	3,75	8500					2,25	3,50	3,75
24	2			2,25	3,00	3,25	3,50	3,50	8500				3,00	3,00	3,50	3,50
25	58		1,75	2,50	2,75	3,00	3,00	3,00	7500				2,75	3,00	3,00	3,00
26	-		0,50	1,25	1,75	1,75	2,00	2,25	7500				1,75	1,75	2,00	2,25
27	6		2,00	5,00	5,25	5,50	5,75	5,75	7500			3,00	5,25	5,50	5,75	5,75
28	22		1,75	4,50	4,75	5,00	5,50	5,50	7500			4,50	4,75	5,00	5,50	5,50
29	49		3,50	4,25	4,50	4,75	4,75	4,75	7500			4,25	4,50	4,75	4,75	4,75
30	265		0,75	3,00	3,25	3,50	3,75	3,75	7500			3,00	3,25	3,50	3,75	3,75
31	14		0,25	2,50	2,50	2,75	2,75	3,00	7500			2,50	2,50	2,75	2,75	3,00
32	60			3,25	3,50	3,75	3,75	3,75	8500				3,50	3,75	3,75	3,75
33	47		1,75	3,75	4,00	4,25	4,25	4,25	7500				4,00	4,00	4,25	4,25
34	82		1,50	2,00	2,00	2,00	2,25	2,25	7500					0,75	2,25	2,25
35	356			0,75	0,75	0,75	2,25	2,25	8500					0,75	2,25	2,25
36	190		0,75	1,00	1,00	1,00	2,25	2,50	7500					1,00	2,25	2,50
37	157			1,00	1,00	1,00	2,25	2,25	8500				0,50	1,00	2,25	2,25
38	1 846				1,00	1,00	2,25	2,25	9500					1,00	2,25	2,25
39	95		0,50	2,00	2,00	2,00	2,25	2,50	7500			1,25	2,00	2,00	2,25	2,50
40	134			2,00	2,00	2,25	2,50	2,50	8500				1,25	2,00	2,50	2,50
41	-		1,25	1,50	1,50	1,75	2,00	2,25	7500				1,50	1,75	2,00	2,25

7.13 DEFAILLANCE FONCTIONNELLE POUR LE NIVEAU DE PROTECTION

Conformément à la réglementation, ce scénario dit n°2 est représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle qui est réputée liée à la défaillance d'un dispositif de régulation des écoulements hydrauliques (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages. Il en résulte néanmoins des venues d'eau plus ou moins dangereuses dans la zone protégée ou une aggravation des venues d'eau en dehors de cette dernière.

7.13.1 RG Non mise en place de batardeaux

La digue de la Montagnette et les quais à Tarascon, le quai de la roquette et le muret du remblai de l'IRPA à Arles comportent respectivement cinq, huit et trois batardeaux englobés dans le système d'endiguement. Ils sont, conformément aux plans communaux de sauvegarde des deux villes, mis en place :

- Pour les cinq batardeaux de la digue de la Montagnette Nord et du quai pour une crue dépassant 7600 m³/s à la station de Beaucaire/Tarascon. Ce débit correspond à une période de retour de 5 ans environ. Le fil d'eau du batardeau le plus sollicité est supérieur à 10500 m³/s.
- Les huit batardeaux du quai de la roquette pour une crue dépassant 6000 m³/s à la station de Beaucaire/Tarascon. Ce débit correspond à une période de retour de 2 ans environ. Le fil d'eau du batardeau le plus sollicité est supérieur à 8500 m³/s.
- Les trois batardeaux du remblai de l'IRPA pour une crue dépassant 6000 m³/s à la station de Beaucaire/Tarascon. Ce débit correspond à une période de retour de 2 ans environ. Le fil d'eau des batardeaux correspond à une crue de 11500 m³/s.

Les batardeaux des quais d'Arles et du remblai de l'IRPA sont mis en place statistiquement au moins une fois tous les deux ans, ce qui est constaté depuis 2008, date de leur modernisation. De ce fait, la probabilité de non mise en place de batardeaux pour l'atteinte du fil d'eau du batardeau le plus sollicité, qui correspond respectivement à la crue décennale et centennale du Rhône est quasiment nulle et inférieure au seuil d'acceptabilité.

Les batardeaux digue de la Montagnette et du quai sont mis en place statistiquement au moins une fois tous les cinq ans. Les fils d'eau des batardeaux correspondent à des débits sensiblement supérieurs à la cote de mise en place. Sur un plan pratique, la mise en place de ces batardeaux aurait pu être calée sur un seuil de débit supérieur et être adaptée au calage altimétrique des fils d'eau. Des exercices de mise en place sont prévus annuellement dans le PCS et tous les trois ans avec le SYMADREM. De ce fait, la probabilité de non mise en place de batardeaux pour l'atteinte du fil d'eau des batardeaux concernés qui correspond à une crue supérieure à la crue cinquantennale est quasiment nulle et inférieure au seuil d'acceptabilité.



Photo 25. Batardeaux quai de Tarascon sécurisé en 2015 et quai de la roquette lors de la crue de novembre 2014

7.13.2 RG Rupture de batardeaux

La rupture d'un batardeau a été abordée dans le chapitre 7.1. de l'étude de dangers. Elle correspond au scénario n°13. La probabilité annuelle de rupture d'un batardeau, est d'environ 10⁻⁴, ce qui est inférieur au seuil d'acceptabilité.

Bien que les probabilités calculées soient basses et que toutes les mesures de conception, de réalisation et d'entretien soient mises en œuvre, l'hypothèse d'une rupture est retenue.

Le batardeau le plus important, R1 sur les quais d'Arles, a une largeur de 6 m. La hauteur de charge pour la crue exceptionnelle est de 1,1 m. Le débit maximum calculé suivant une formule de seuil est estimé à 12 m³/s. La vitesse critique (passage d'un écoulement fluvial à torrentiel) est estimée à 2,8 m/s et la vitesse maximum en aval en supposant un tirant d'eau nul à environ 5,5 m/s.

Ces caractéristiques hydrauliques sont inférieures à la brèche de Ventabren de novembre 2016 (Cf. chapitre 6 de l'étude de dangers). L'intervention au milieu de la Camargue avait débuté 1 heure après l'observation et s'est achevée 3 heures après le démarrage. En estimant à 1h30, la durée d'entrée d'eau massive, on estime à environ 65 000 m³, le volume libéré dans la zone protégée. On aurait moins de 50 cm dans le centre-ville d'Arles.

Dans le cas présent, un colmatage avec enrochements pourrait être entrepris, non pas côté fleuve comme ce fut le cas pour la brèche de Ventabren, mais côté zone protégée. Le principe d'intervention consisterait en la réalisation d'un cordon en enrochements en arc de cercle qui répartirait la charge déversante au droit du batardeau en une charge déversante moins importante sur le cordon en enrochements à édifier.

La blocométrie des enrochements à mettre en œuvre, compte tenu des vitesses, serait de l'ordre de 1 tonne.

7.13.3 RG rupture de l'écluse d'Arles

L'écluse d'Arles a été renforcée et rehaussée par VNF dans le cadre du plan Rhône. Les conséquences d'une rupture de cette dernière seraient catastrophiques. Toutes les mesures ont été prises pour rendre très peu probables et inférieures au seuil d'acceptabilité ce scénario.

7.13.4 *RD Non mise en place de batardeaux ou des portes de Beaucaire*

La digue de la banquette et la digue de la Vierge à Beaucaire comportent deux portes métalliques et quatre batardeaux englobés dans le système d'endiguement. Ils sont, conformément au plan communal de sauvegarde de la ville et la convention signée le 17 janvier 2018 entre la ville de Beaucaire et le SYMADREM, mis en place pour :

- les portes métalliques, une crue dépassant respectivement 4 500 m³/s à la station de Beaucaire/Tarascon. Ce débit correspond à une période de retour de 1 an environ.
- les trois batardeaux de la digue de la banquette, une crue dépassant respectivement 10 500 m³/s à la station de Beaucaire/Tarascon. Ce débit correspond à une période de retour de 50 ans environ. Le fil d'eau des batardeaux est compris entre 12 500 et 14 160 m³/s.
- le batardeau de la digue de la Vierge, une crue dépassant respectivement 9 500 m³/s à la station de Beaucaire/Tarascon. Ce débit correspond à une période de retour de 20 ans environ. Le fil d'eau du batardeau correspond à une crue de 11 500 m³/s.

Les portes métalliques sont mises en place statistiquement au moins une fois par an. Dans la pratique, elles sont manœuvrées plusieurs fois par an. De ce fait, la probabilité de non mise en place de batardeaux pour l'atteinte du niveau de protection des ouvrages concernés qui correspond à la crue exceptionnelle est quasiment nulle et inférieure au seuil d'acceptabilité.

Les fils d'eau des batardeaux correspondent à des débits sensiblement supérieurs à la cote de mise en place. Sur un plan pratique, la mise en place de ces batardeaux aurait pu être calée sur un seuil de débit supérieur et être adaptée au calage altimétrique des fils d'eau. Des exercices de mise en place sont prévus annuellement dans le PCS et tous les trois ans avec le SYMADREM. De ce fait, la probabilité de non mise en place de batardeaux pour l'atteinte du niveau de protection des ouvrages concernés qui correspond à la crue exceptionnelle est quasiment nulle et inférieure au seuil d'acceptabilité.



Photo 26. Batardeau mis en place lors d'un essai



Figure 131. Mise en place des portes de Beaucaire (essai du 24 octobre 2019)

7.13.5 *RD Rupture de batardeaux*

La rupture d'un batardeau a été abordée dans le chapitre 7.1. de l'étude de dangers. Elle correspond au scénario n°13. La probabilité annuelle de rupture d'un batardeau, est d'environ 10⁻⁴, ce qui est inférieur au seuil d'acceptabilité.

Bien que les probabilités calculées soient basses et que toutes les mesures de conception, de réalisation et d'entretien soient mises en œuvre, l'hypothèse d'une rupture est retenue.

Le batardeau le plus important est en aval du pont de Beaucaire (Cf. photo ci-avant). Il a une largeur de 5 m. La hauteur de charge pour la crue exceptionnelle est de 0,5 m. Le débit maximum calculé suivant une formule de seuil est estimé à 3 m³/s. La vitesse critique (passage d'un écoulement fluvial à torrentiel) est estimée à 1,9 m/s et la vitesse maximum en aval en supposant un tirant d'eau nul à environ 5,5 m/s.

Ces caractéristiques hydrauliques sont inférieures à la brèche de Ventabren de novembre 2016 (Cf. chapitre 6 de l'étude de dangers). L'intervention au milieu de la Camargue avait débuté 1 heure après l'observation et s'est achevée 3 heures après le démarrage. En estimant à 1h30, la durée d'entrée d'eau massive, on estime à environ 17 000 m³, le volume libéré dans la zone protégée. On aurait moins de 50 cm dans le centre-ville de Beaucaire ; une bonne partie du débit serait absorbé par le canal du Rhône à Sète. Dans le cas présent, un colmatage avec enrochements pourrait être entrepris, non pas côté fleuve comme ce fut le cas pour la brèche de Ventabren, mais côté zone protégée. Le principe d'intervention consisterait en la réalisation d'un cordon en enrochements en arc de cercle qui répartirait la charge déversante au droit du batardeau en une charge déversante moins importante sur le cordon en enrochements à édifier. La blocométrie des enrochements à mettre en œuvre, compte tenu des vitesses, serait de l'ordre de 1 tonne.

7.13.6 RD Rupture des portes de Beaucaire

La rupture d'une porte correspondrait à la brèche n°1 modélisée. Les conséquences d'une telle brèche seraient catastrophiques. La probabilité annuelle de ce scénario reste néanmoins très faible et comparable à la probabilité annuelle de brèche des autres tronçons de digue. Elle est inférieure au seuil d'acceptabilité.

7.13.7 RD rupture de l'écluse de Saint Gilles

La résistance à la crue exceptionnelle de l'écluse de Saint Gilles a été vérifiée par VNF dans le cadre du plan Rhône. Les conséquences d'une rupture de cette dernière seraient catastrophiques. Toutes les mesures ont été prises pour rendre très peu probables et inférieures au seuil d'acceptabilité ce scénario.

7.13.8 CI Non mise en place de batardeaux

les quais Saint Pierre, de Trinquetaille et de la gare maritime comportent vingt batardeaux englobés dans le système d'endiguement. Ils sont, conformément au plan communal de sauvegarde de la ville d'Arles, mis en place pour une crue dépassant 6000 m³/s à la station de Beaucaire/Tarascon. Ce débit correspond à une période de retour de 2 ans environ. Le fil d'eau du batardeau le plus sollicité est supérieur à 8500 m³/s.

Les batardeaux des quais d'Arles sont mis en place statistiquement au moins une fois tous les deux ans, ce qui est constaté depuis 2008, date de leur modernisation. De ce fait, la probabilité de non mise en place de batardeaux pour l'atteinte du fil d'eau du batardeau le plus sollicité, qui correspond respectivement à la crue décennale et centennale du Rhône est quasiment nulle et inférieure au seuil d'acceptabilité.



Photo 27. Batardeaux quais d'Arles (curatiers) lors de la crue de novembre 2014

7.13.9 CI Rupture de batardeaux

La rupture d'un batardeau a été abordée dans le chapitre 7.1. de l'étude de dangers. Elle correspond au scénario n°13. La probabilité annuelle de rupture d'un batardeau, est d'environ 10⁻⁴, ce qui est inférieur au seuil d'acceptabilité.

Bien que les probabilités calculées soient basses et que toutes les mesures de conception, de réalisation et d'entretien soient mises en œuvre, l'hypothèse d'une rupture est retenue.

Le batardeau le plus important, T1 sur les quais d'Arles, a une largeur de 5 m. La hauteur de charge pour la crue exceptionnelle est de 1,7 m. Le débit maximum calculé suivant une formule de seuil est estimé à 19 m³/s. La vitesse critique (passage d'un écoulement fluvial à torrentiel) est estimée à 3,4 m/s et la vitesse maximum en aval en supposant un tirant d'eau nul à environ 5,5 m/s.

Ces caractéristiques hydrauliques sont similaires à la brèche de Ventabren de novembre 2016 (Cf. chapitre 6 de l'étude de dangers). L'intervention au milieu de la Camargue avait débuté 1 heure après l'observation et s'est achevée 3 heures après le démarrage. En estimant à 1h30, la durée d'entrée d'eau massive, on estime à environ 100 000 m³, le volume libéré dans la zone protégée. On aurait moins de 50 cm dans le centre-ville de Trinquetaille.

Dans le cas présent, un colmatage avec enrochements pourrait être entrepris, non pas côté fleuve comme ce fut le cas pour la brèche de Ventabren, mais côté zone protégée. Le principe d'intervention consisterait en la réalisation d'un cordon en enrochements en arc de cercle qui répartirait la charge déversante au droit du batardeau en une charge déversante moins importante sur le cordon en enrochements à édifier.

La blocométrie des enrochements à mettre en œuvre, compte tenu des vitesses, serait de l'ordre de 1 tonne.

7.13.10 Non fermeture d'une vanne

La fermeture des ouvrages hydrauliques est assurée par les propriétaires des ouvrages. Le contrôle de cette fermeture est assuré par les gardes digues. La non-fermeture des ouvrages hydrauliques peut occasionner une inondation lente qui sera perceptible, dès la mise en charge des ouvrages. L'absence de fermeture lors de crues importantes a été par le passé observée. Lors de la détection de la non-fermeture, le garde digues ou si nécessaire la direction du SYMADREM prévient le propriétaire. Si cette fermeture n'est techniquement pas possible, il est procédé à une intervention d'urgence, qui consiste en la mise en œuvre préférentiellement côté amont de blocs de 3 à 6 tonnes ou de big-bags équivalents.

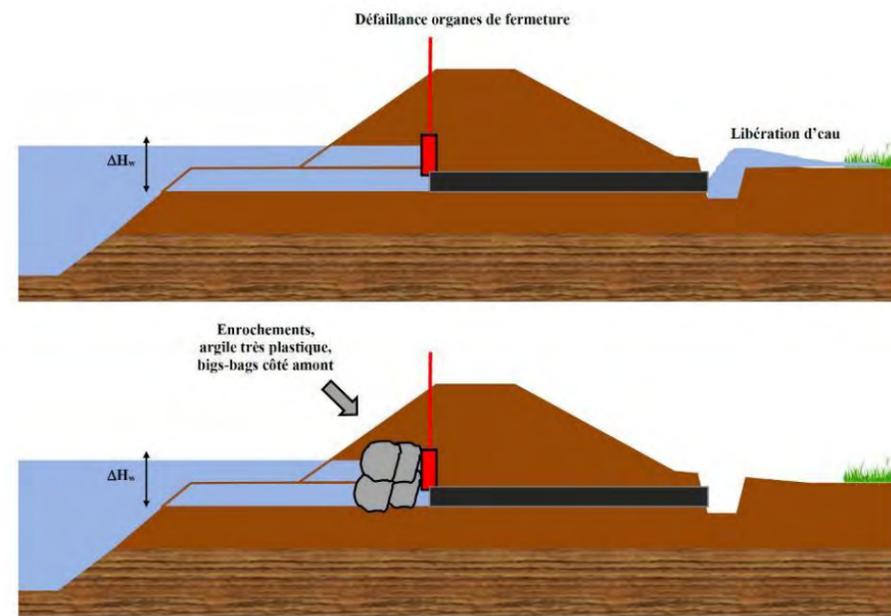


Figure 132. Principe d'intervention en cas de non fermeture ou rupture d'un organe de fermeture



Photo 28. Intervention au droit d'un ouvrage traversant

7.13.11 Rupture des vannes d'ouvrages hydrauliques traversants

La rupture des organes de fermetures des ouvrages hydrauliques a été étudiée dans le chapitre 7.1. de l'étude de dangers (scénario n°A). Elle a été jugée acceptable dans l'état actuel (probabilité annuelle inférieure ou égale à 10^{-3}).

Bien que ce scénario soit jugé acceptable, l'hypothèse d'une rupture est retenue sur un ouvrage fictif traversant le système d'endiguement, qui cumulerait la plus grande surface (un diamètre de 1800 mm, soit une surface de 2,5 m²) et soumis à une charge maximale de 5,5 m (correspondant à l'ouvrage le plus sollicité). Dans le cas présent, la vitesse et le débit serait respectivement de 6,25 m/s et 15,6 m³/s, soit des valeurs équivalentes à la rupture du batardeau des curatiers.

8 ETAT APRES TRAVAUX DE REHAUSSEMENT DU SIF DE BEUCAIRE ET DU SIF DE TARASCON

8.1 CONSISTANCE DE L'ETAT C

L'état C ou état intermédiaire n°13 correspond à l'état actuel au 1^{er} janvier 2021 ou intermédiaire n°8, auquel viennent s'ajouter les travaux liés à l'opération de rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon prévus à l'automne 2021 et qui devraient s'achever à l'été 2022. Cette opération, qui achève la sécurisation des ouvrages entre Beaucaire et Arles, comprend les travaux suivants :

- la création d'une digue sur, respectivement le SIP de Beaucaire et le SIF de Tarascon, calée à $Q_{14160} + 50$ cm pour éviter toute brèche et tout débordement sur ces tronçons jusqu'à la crue Q_{14160} ;
- la suppression de l'atterrissement au droit de l'usine Fibre Excellence, réalisée par anticipation dans le cadre des travaux entre Tarascon et Arles (600 000 m³) pour réduire l'impact de ces rehaussements sur les lignes d'eau dans le lit mineur ;
- la transparence hydraulique de l'épis transversal du port de Fibre Excellence pour éviter le blocage des sédiments et permettre la plus grande durabilité possible de la mesure ci-dessus tout en assurant la continuité de fonctionnement du port.

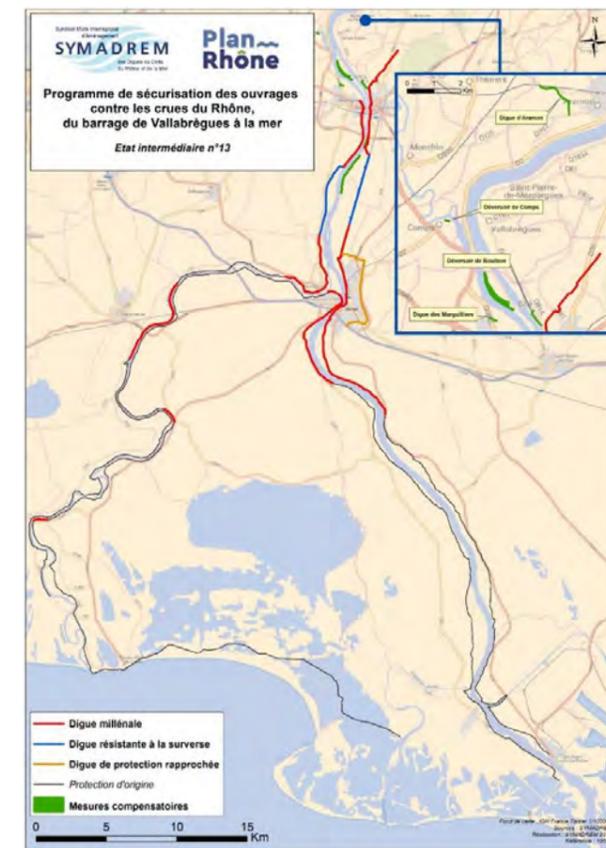


Figure 133. Etat intermédiaire C ou n°13 après rehaussement du SIP et du SIF

8.2 PROBABILITES DE BRECHES DES SE DANS L'ETAT C

Par rapport à l'état B avant le rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon, les probabilités de brèches en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon sont inchangées, sauf au droit de :

- SIF de Tarascon pour lequel une probabilité de brèche comprise entre 1 et 5 % avait été retenue dans l'état actuel pour Q₁₀₅₀₀ et une probabilité de brèche comprise entre 15 et 40 % avait été retenue dans l'état actuel pour Q₁₁₅₀₀ à Q₁₄₁₆₀.
- SIP de Beaucaire pour lequel une probabilité de brèche comprise entre 5 et 15 % avait été retenue dans l'état actuel pour Q₁₄₁₆₀.

Les probabilités modifiées de brèches en fonction du débit à Beaucaire/Tarascon sont indiquées, en pages suivantes, par tronçon homogène constituant les systèmes d'endiguement rives droite et gauche du Rhône. Les probabilités de brèche des digues constituant le système d'endiguement Camargue insulaire sont inchangées par ces travaux, compte tenu de la faible variation des lignes d'eau. Les probabilités avant travaux figurent également pour mémoire.

Tableau 39. Etat C & B - rive gauche - probabilités de brèche en fct du débit Qx à B/T (x en m³/s)

SE RG	Libellé	Q7500	Q8500	Q9500	Q10500	Q11500	Q12500	Q14160
RG06	SIF Tarascon après rehaussement	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
	SIF Tarascon état actuel	< 1 %	< 1 %	< 1 %	1 - 5 %	15 - 40 %	15 - 40 %	15-40 %

Tableau 40. Etat C & B - rive droite - probabilités de brèche en fct du débit Qx à B/T (x en m³/s)

SE RD	Libellé	Q7500	Q8500	Q9500	Q10500	Q11500	Q12500	Q14160
RD03	SIP Beaucaire après rehaussement	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
	SIP Beaucaire état actuel	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	5 - 15 %

8.3 NIVEAUX CARACTERISTIQUES DES SE DANS L'ETAT C

Par rapport à l'état B avant le rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon, les niveaux caractéristiques sont modifiés comme suit pour l'état C.

Sur le SIF de Tarascon, le niveau sûreté confondu avec le niveau de protection est bas compte tenu de la structure ancienne de la digue du Radoubs. Le niveau de submersion est quant à lui localement bas. Après travaux de rehaussement, la digue présentera toutes les caractéristiques des digues du programme de sécurisation.

Sur le SIP de Beaucaire, il n'y a pas de digue. On est en présence d'un remblai. Le niveau sûreté est supérieur au niveau de protection. La structure en remblai du SIP fait le niveau de submersion correspond au niveau de protection.. Après création d'une digue sur le SIP, ce dernier présentera toutes les caractéristiques des digues du programme de sécurisation.

Tous les autres niveaux sont inchangés.

Tableau 41. Etat C & B - rive gauche - niveaux caractéristiques des tronçons du système d'endiguement

SE RG	Libellé	Niveau de sûreté	Niveau de protection	Niveau de danger	Niveau de submersion
RG06	SIF Tarascon après rehaussement	14 160	14 160	>> 14 160	14 160
	SIF Tarascon état actuel	10 500	10 500	14 160	10 500

Tableau 42. Etat C & B - rive droite - niveaux caractéristiques des tronçons du système d'endiguement

SE RD	Libellé	Niveau de sûreté	Niveau de protection	Niveau de danger	Niveau de submersion
RD03	SIP Beaucaire après rehaussement	14 160	14 160	>> 14 160	14 160
	SIP Beaucaire état actuel	12 500	11 500	14 160	11 500

8.4 FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES ET NIVEAUX DE PROTECTION DANS L'ETAT C

Les travaux de rehaussement sur le SIP et le SIF vont avoir pour conséquence de supprimer les entrées d'eau en provenance de ces tronçons jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône. Actuellement des entrées d'eau sont pris en compte à partir de 11 500 m³/s. Les deux tableaux ci-dessous indiquent : les niveaux de protection après travaux pour les crues de 11 500 à 14 160 m³/s. Seuls figurent les systèmes d'endiguement et les sous zones protégées pour lesquelles les niveaux de protection ont été modifiés ou si ça n'est pas le cas pour lesquels la cote caractéristiques d'inondation a été modifiée.

Pour la rive gauche, les travaux permettent de mettre hors d'eau jusqu'à la crue à 14 160 m³/s, les sous-zones protégées de Tarascon (n°1 à n°4 et n°6 et n°7). Les sous zones protégées n°5 (quartiers sud de Tarascon) et n°11 (contreforts des Alpilles) sont protégées jusqu'à la crue à 12 500 m³/s. Le casier des alpines, la plaine du Trébon, les anciens marais d'Arles et les marais de la vallée des Baux restent protégés jusqu'à la crue à 11 500 m³/s comme c'était le cas avant les travaux, mais la cote d'inondation caractéristique est diminué de quasiment 1 mètre, compte tenu de la réduction des volumes déversés sur le SIF de Tarascon.

Tableau 43. Rive gauche – Impact des travaux de rehaussement du SIF de Tarascon sur les niveaux de protection et sur les cotes d'inondation caractéristiques

Casier ZP	Individus (Nb)	Etat B autorisé							Etat C après rehaussement du SIF de Tarascon						
		Fonctionnement nominal			Niveau Protection	Probabilité > 50 %			Fonctionnement nominal			Niveau Protection	Probabilité > 50 %		
		11 500	12 500	14 160		11 500	12 500	14 160	11 500	12 500	14 160		11 500	12 500	14 160
1	11 225	9,5	9,75	10	10500		9,75	10				14160			
2	1 461		9,25	9,5	11500		9,25	9,5				14160			
3	1 013		9,75	10	11500		9,75	10				14160			
4	135	11	11,25	11,5	10500		11,25	11,5				14160			
5	192	9,5	9,75	10	10500		9,75	10			8,25	12500			8,25
6	3	11	11,25	11,5	10500		11,25	11,5				14160			
7	0		10,5	10,75	11500		10,5	10,75				14160			
8	76		9,25	9,5	11500		9,25	9,5			8,25	11500		8,25	8,25
9	398		6,5	7,5	11500		6,5	7,5			5,75	11500		5,75	6,5
10	204	2	2,75	5	8500	2	2,75	5			2	8500	2	2,5	4,5
11	1 657		2,75	5	11500		2,75	5			4,5	12500			4,5

Pour la rive droite, les travaux permettent de mettre hors d'eau jusqu'à la crue à 14 160 m³/s, les sous-zones protégées de Beaucaire (n°25 à n°27). Les sous zones protégées n°28 et n°29 (nord de la plaine de Beaucaire) restent protégés jusqu'à la crue à 11 500 m³/s comme c'était le cas avant les travaux, mais la cote d'inondation caractéristique est diminué d'environ 50 cm compte tenu de la réduction des volumes déversés sur le SIP de Beaucaire.

Tableau 44. Rive droite – Impact des travaux de rehaussement du SIP de Beaucaire sur les niveaux de protection et sur les cotes d'inondation caractéristiques

Casier ZP	Individus (Nb)	Etat avant rehaussement du SIP de Beaucaire					Etat après rehaussement du SIP de Beaucaire				
		Fonctionnement nominal		Niveau Protection	Probabilité > 50 %		Fonctionnement nominal		Niveau Protection	Probabilité > 50 %	
		12 500	14 160		12 500	14 160	12 500	14 160		12 500	14 160
25	3 624	5,75	7,00	11 500	5,75	7,00			14 160		
26	23	10,25	10,50	11 500	10,25	10,50			14 160		
27	1 073	6,00	7,00	11 500	6,00	7,00			14 160		
28	972	4,50	5,25	11 500	4,50	5,25	3,75	4,75	11 500	3,75	4,75
29	252	4,50	5,25	11 500	4,50	5,25	4,50	4,75	11 500	4,50	4,75

Les cartes en format A3 indiquant les fonctionnements nominal et probable à certain pour les crues de 11 500 à 14 160 m³/s et les niveaux de protection après travaux figurent en annexes 11 à 14.

9 INONDATION DE LA PLAINE DE BOULBON

L'inondation de la plaine est commandée par un déversoir créé au moment des aménagements de la CNR dans années 70. Ce dernier a été rehaussé de 40 cm en 2020 par le SYMADREM au titre des mesures d'annulation et de réduction de l'impact hydraulique de la digue construite entre Tarascon et Arles.

Il n'existe pas de station hydrométrique en aval de l'usine hydroélectrique de Beaucaire. Seule existe une station limnigraphique en aval de l'usine.

Nous avons établi en annexe 15, une courbe indiquant en abscisse la cote en aval de l'usine de Beaucaire et en ordonnée le débit à la station de Beaucaire/Tarascon. Sur ce graphique figure une courbe historique en bleu avec en abscisse, les cotes atteintes lors des crues de décembre 2003, octobre 1993, novembre 1994 et novembre 2016 et en ordonnées les débits ré-évalués par la DREAL AURA en 2018.

L'autre courbe en rouge donne les cotes calculées par le modèle CNR en fonction des débits injectés dans ce même modèle. On peut voir un léger écart, qui peut s'expliquer par la différence de débit transitant dans l'usine ou par des paramètres de calage de l'usine.

La courbe en rouge donne pour un même débit, des niveaux de 5 à 40 cm plus élevés. Les modélisations d'inondation sont en conséquence légèrement plus sécuritaire que les inondations observées.

L'annexe 16 présente six cartes d'inondation illustrant, pour des débits respectivement de 8 500 ; 9 500 ; 10 500 ; 11 500 ; 12 500 et 14 160 m³/s à Beaucaire/ Tarascon, le fonctionnement hydraulique de la plaine de Boulbon. Dans ces modélisations, il est supposé que la probabilité de brèche dans les barrages de la CNR situés en amont du déversoir est très faible, voire quasiment impossible jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône (14 160 m³/s à Beaucaire/Tarascon).

Les hauteurs d'eau ont été calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation (en m NGF) issue du modèle développé par la CNR pour le compte du SYMADREM. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation relative aux études de dangers des systèmes d'endiguement.

10 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DES MARGUILLIERS

La digue des Marguilliers a été rehaussée et sécurisée jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône durant l'année 2020.

L'annexe 17 composé de trois cartes présentent pour des débits respectivement de 11 500 ; 12 500 et 14 160 m³/s à Beaucaire/ Tarascon, le fonctionnement nominal (scénario n°1 de l'arrêté EDD de 2017 modifié) du système d'endiguement des Marguilliers (Beaucaire). Ce fonctionnement est confondu avec le fonctionnement probable à certain du système (scénario n°3 de l'arrêté EDD de 2017 modifié), compte tenu de ce que la probabilité de brèche dans les ouvrages du systèmes est inférieure à 5 % pour toutes les crues du Rhône, jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône (14 160 m³/s à Beaucaire/Tarascon)

Les hauteurs d'eau ont été calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation (en m NGF) issue du modèle développé par la CNR pour le compte du SYMADREM. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation relative aux études de dangers des systèmes d'endiguement.



ETUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (*articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement*)

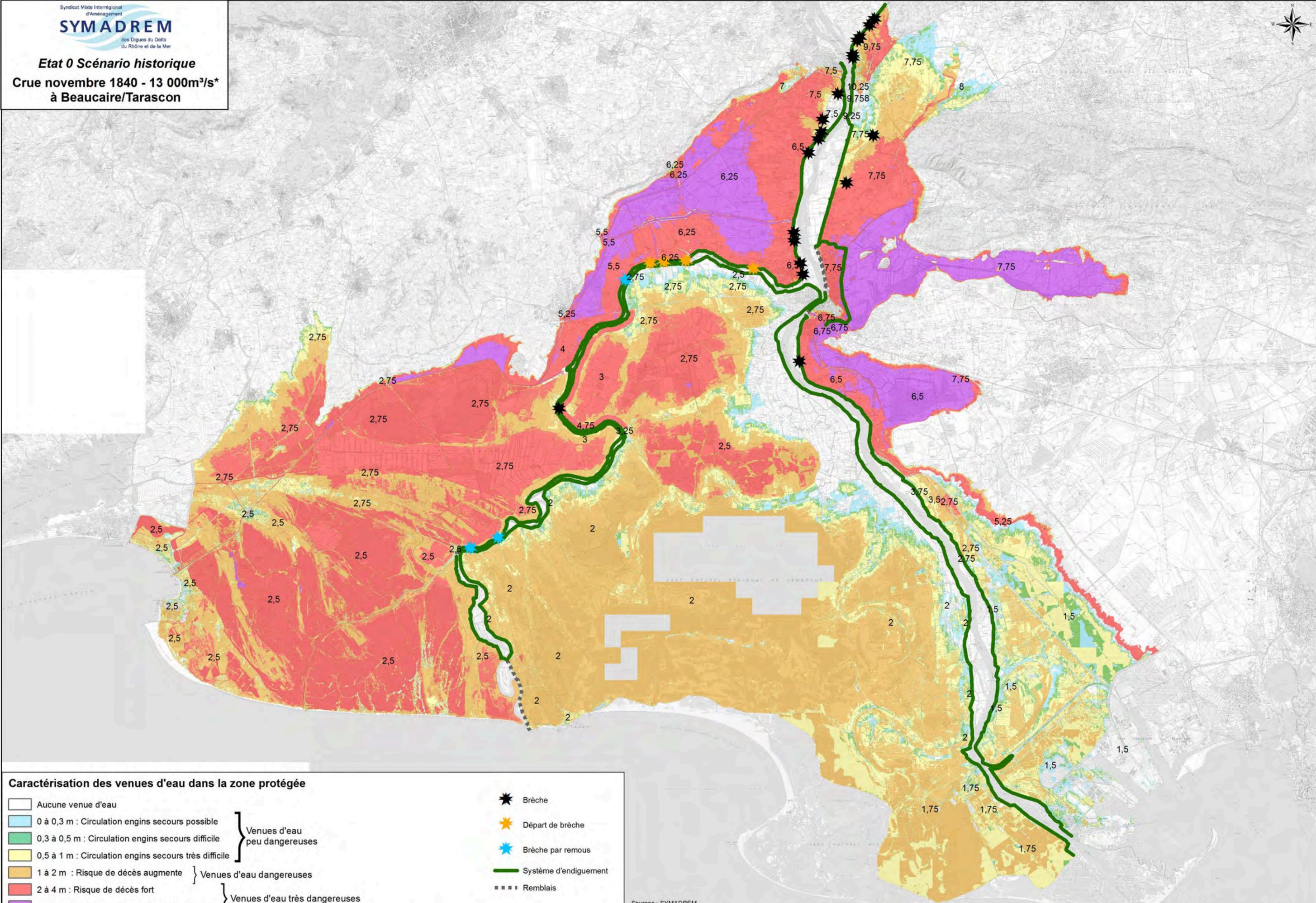
ANNEXE 1 : Cartographie relative aux fonctionnements des systèmes, lors des inondations de 1840, 1856, 1993, 1994, 2002 et 2003

Les six cartes en pages suivantes illustrent le fonctionnement des systèmes, lors des inondations de 1840, 1856, 1993, 1994, 2002 et 2003. Les débits retenus sont ceux de Maurice Pardé pour les crues de 1840 et 1856 et ceux de l'étude DREAL AURA 2018 pour les crues récentes.

Ces cartographies ont été établies, à partir des études de venues d'eau (chapitre 8) et de l'étude historique et accidentologique (chapitre 6) des études de dangers des systèmes d'endiguements. Cette dernière a notamment recensé la localisation et la dimension des brèches, les hydrogrammes et limnigrammes à divers endroits du fleuve et les laisses de crues dans le lit endigué et la zone protégée.

Nous avons retenu une cote d'inondation unique par sous-zone protégée. Cette dernière est indiquée en m NGF par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.

Les hauteurs d'eau ont été calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation relative aux études de dangers des systèmes d'endiguement.



Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	

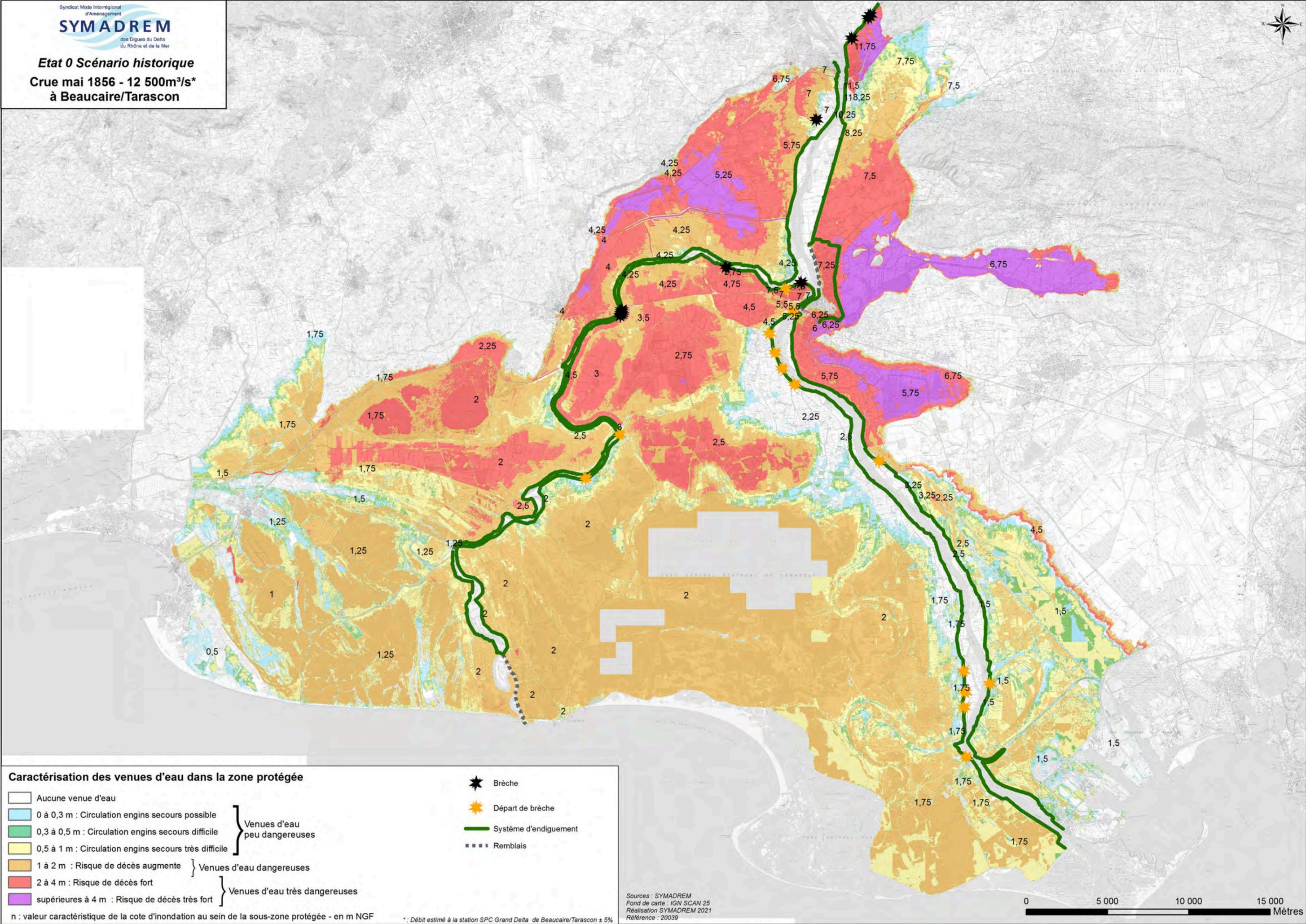
	Brèche
	Départ de brèche
	Brèche par remous
	Système d'endiguement
	Remblais

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit estimé à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20039





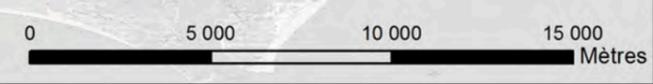
Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

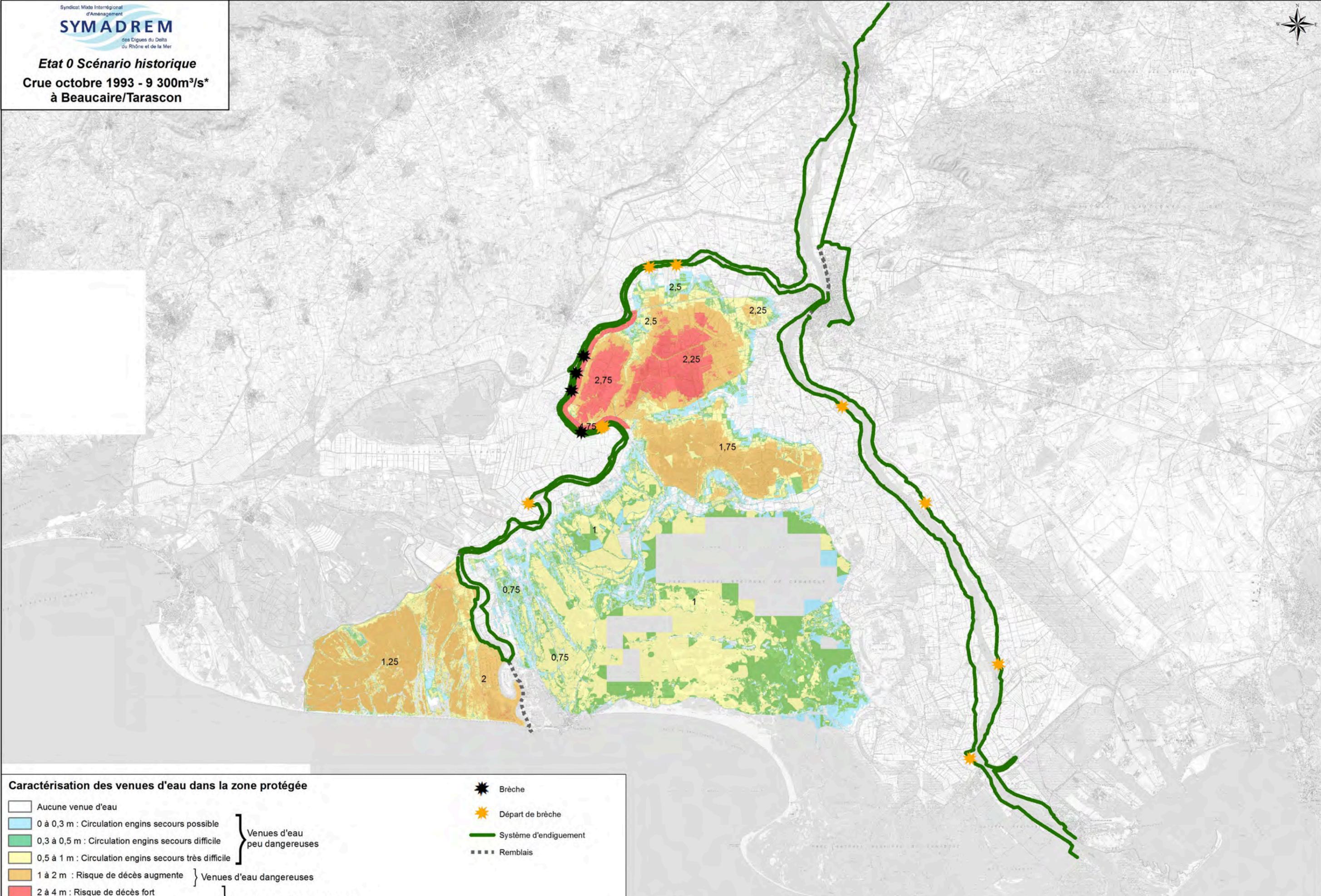
	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses		Brèche
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible			Départ de brèche
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile			Système d'endiguement
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses		Remblais
	1 à 2 m : Risque de décès augmente			
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses		
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort			

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit estimé à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20039





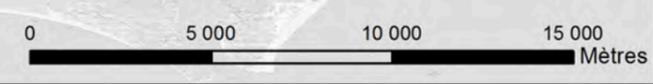
Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

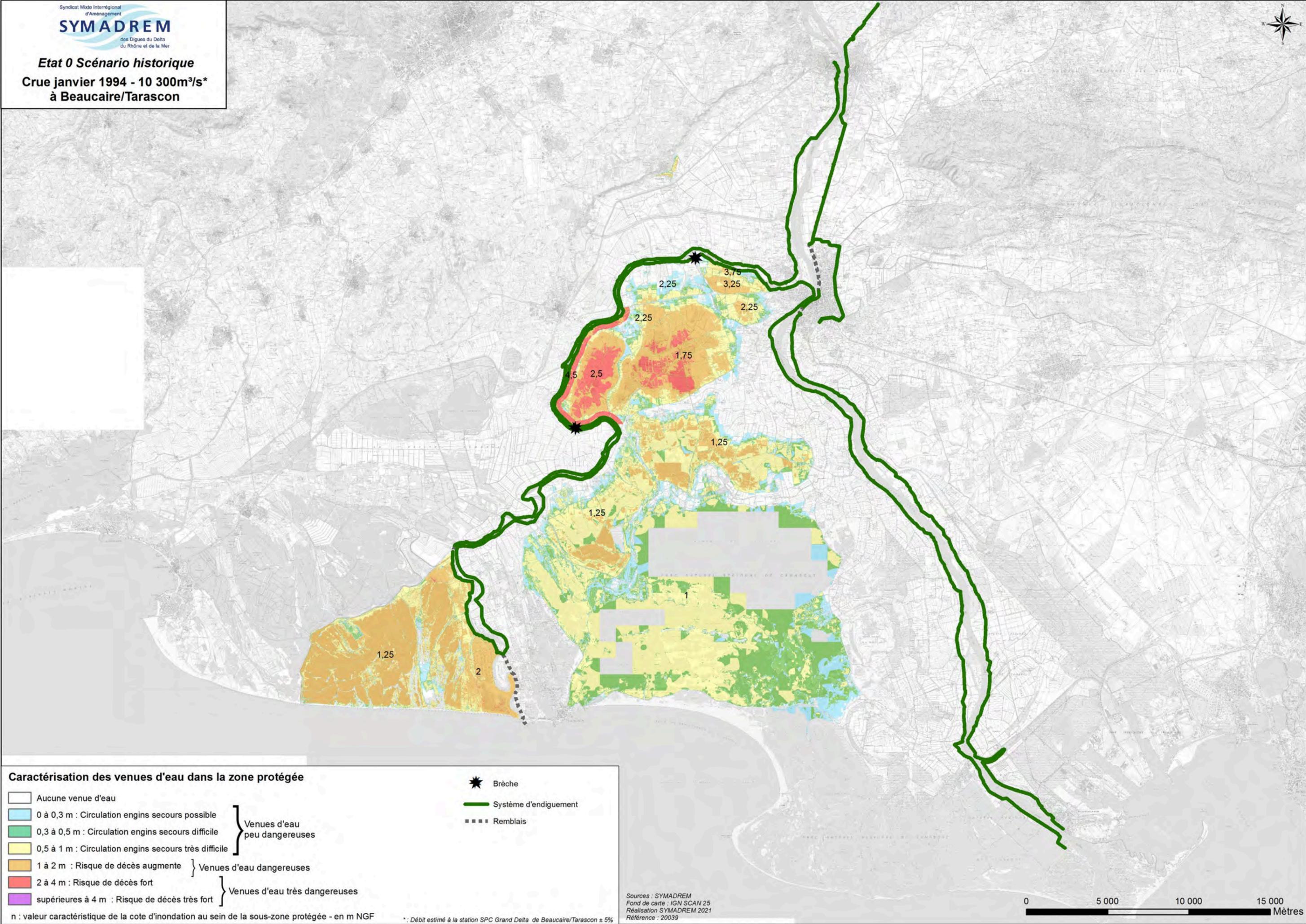
	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses		Brèche
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible			Départ de brèche
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile			Système d'endiguement
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses		Remblais
	1 à 2 m : Risque de décès augmente			
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses		
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort			

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit estimé à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20039





Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	

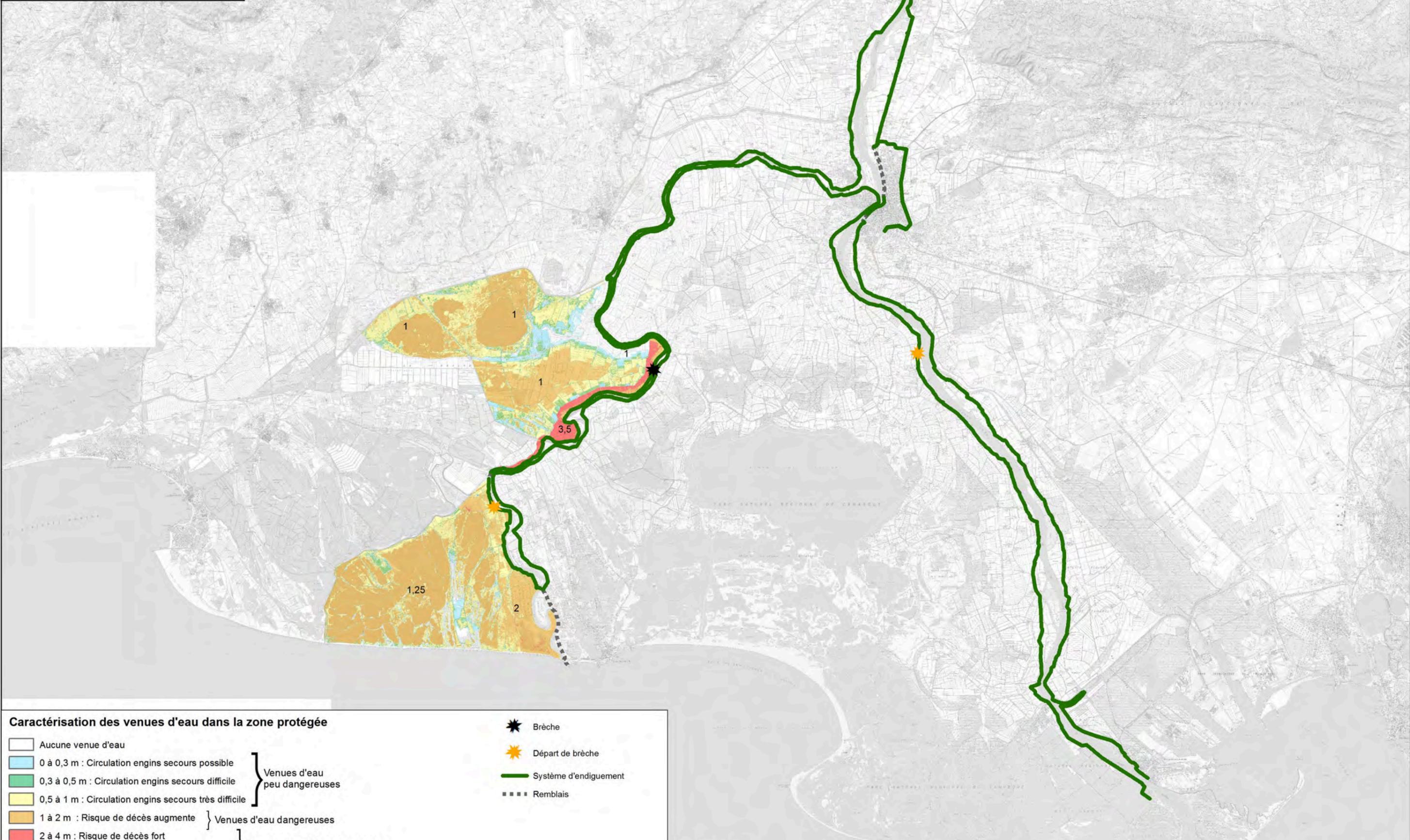
n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

	Brèche
	Système d'endiguement
	Remblais

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20039



* : Débit estimé à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%



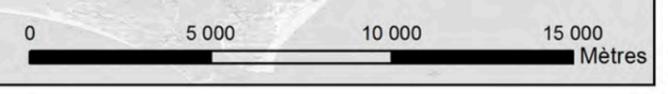
Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

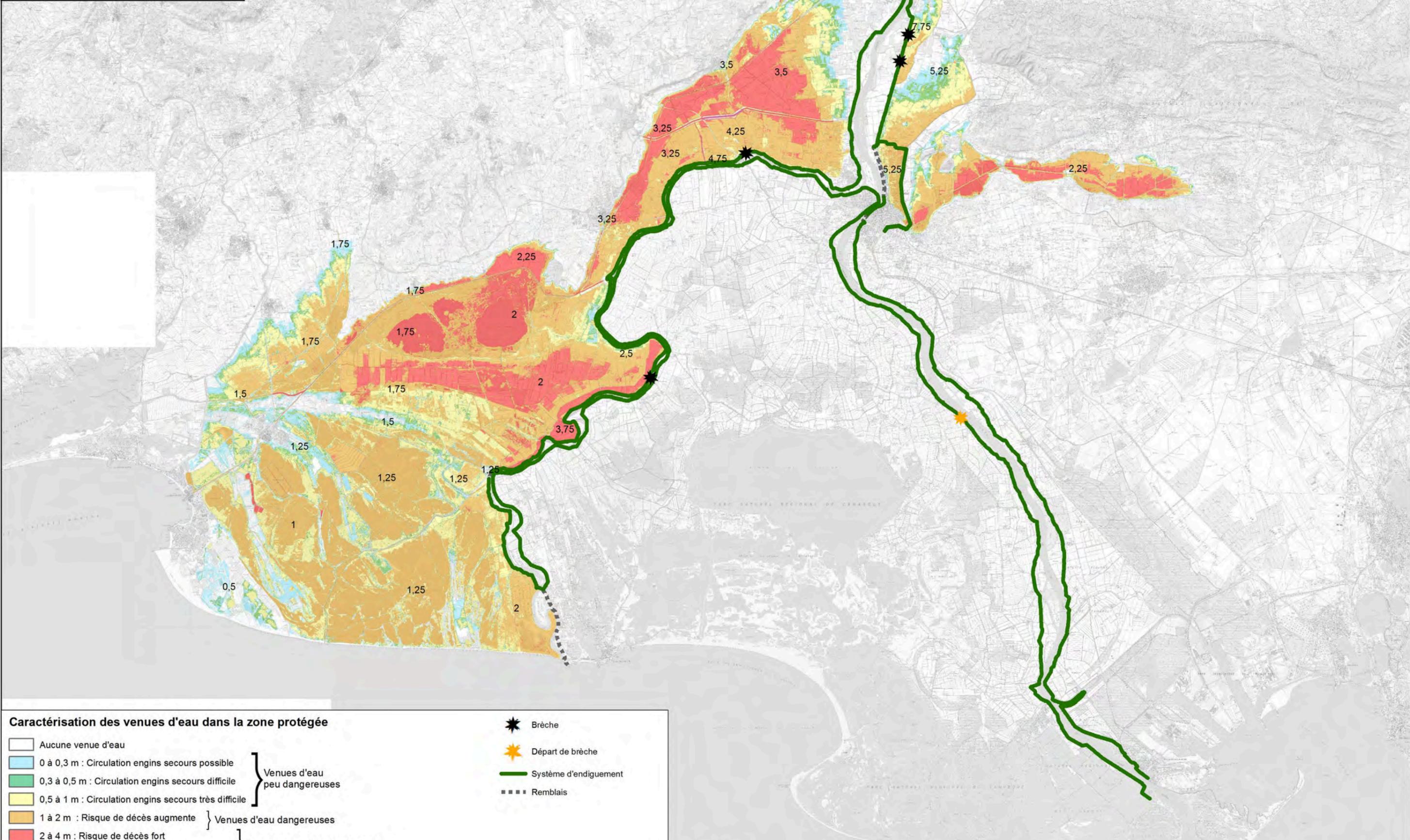
	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses		Brèche	
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible		} Venues d'eau dangereuses		Départ de brèche
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile			} Venues d'eau très dangereuses	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile		Remblais		
	1 à 2 m : Risque de décès augmente				
	2 à 4 m : Risque de décès fort				
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort				

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit estimé à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20039





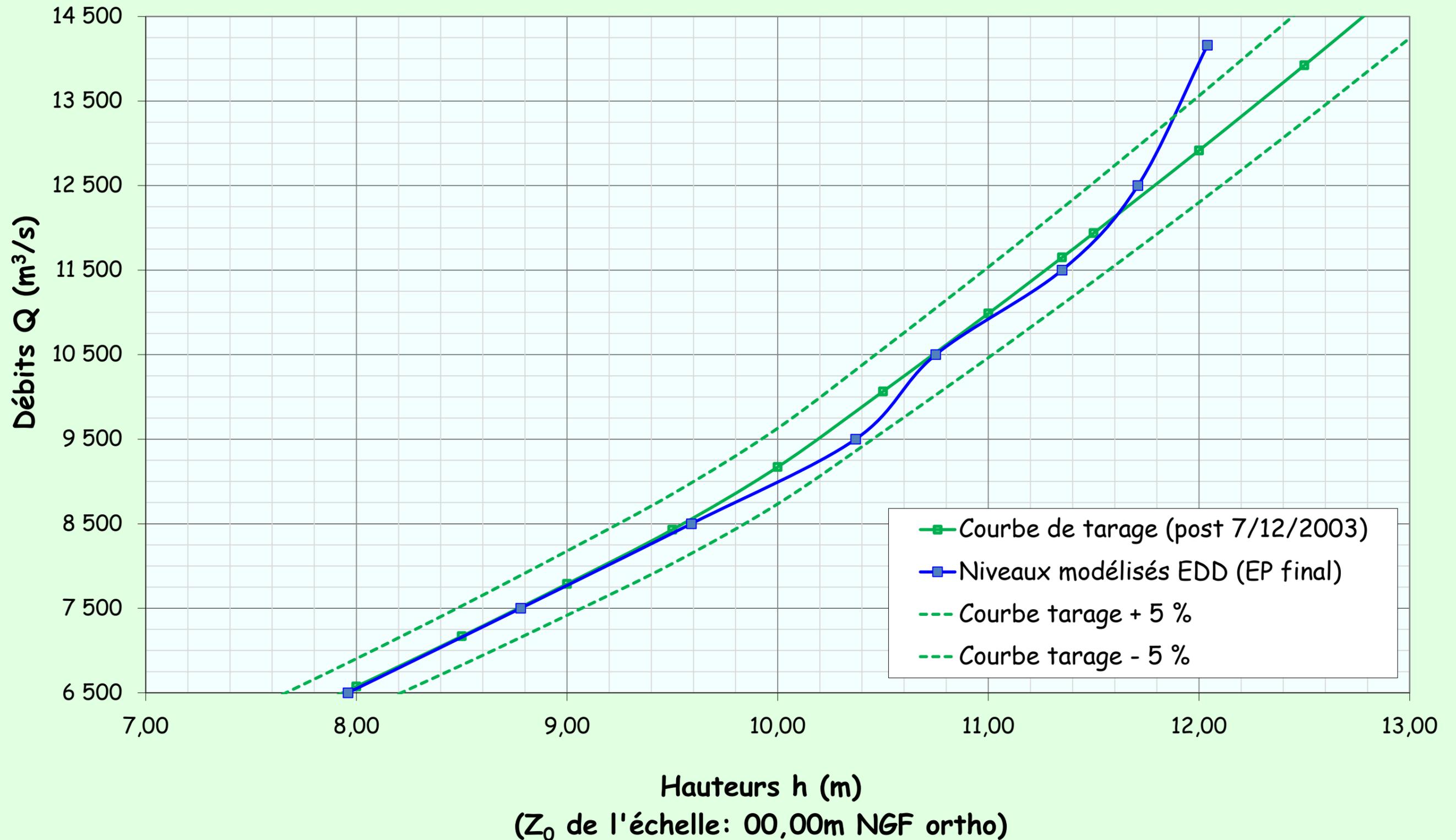
Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses		Brèche	
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible		} Venues d'eau dangereuses		Départ de brèche
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile			} Venues d'eau très dangereuses	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile		Remblais		
	1 à 2 m : Risque de décès augmente				
	2 à 4 m : Risque de décès fort				
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort				

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit estimé à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%

**Annexe 2 : courbe de tarage de Beaucaire/Tarascon (après 7/12/2003)
et niveaux modélisés au PK 269,6 de l'état final (=état actuel)**





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 3 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **7 500 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

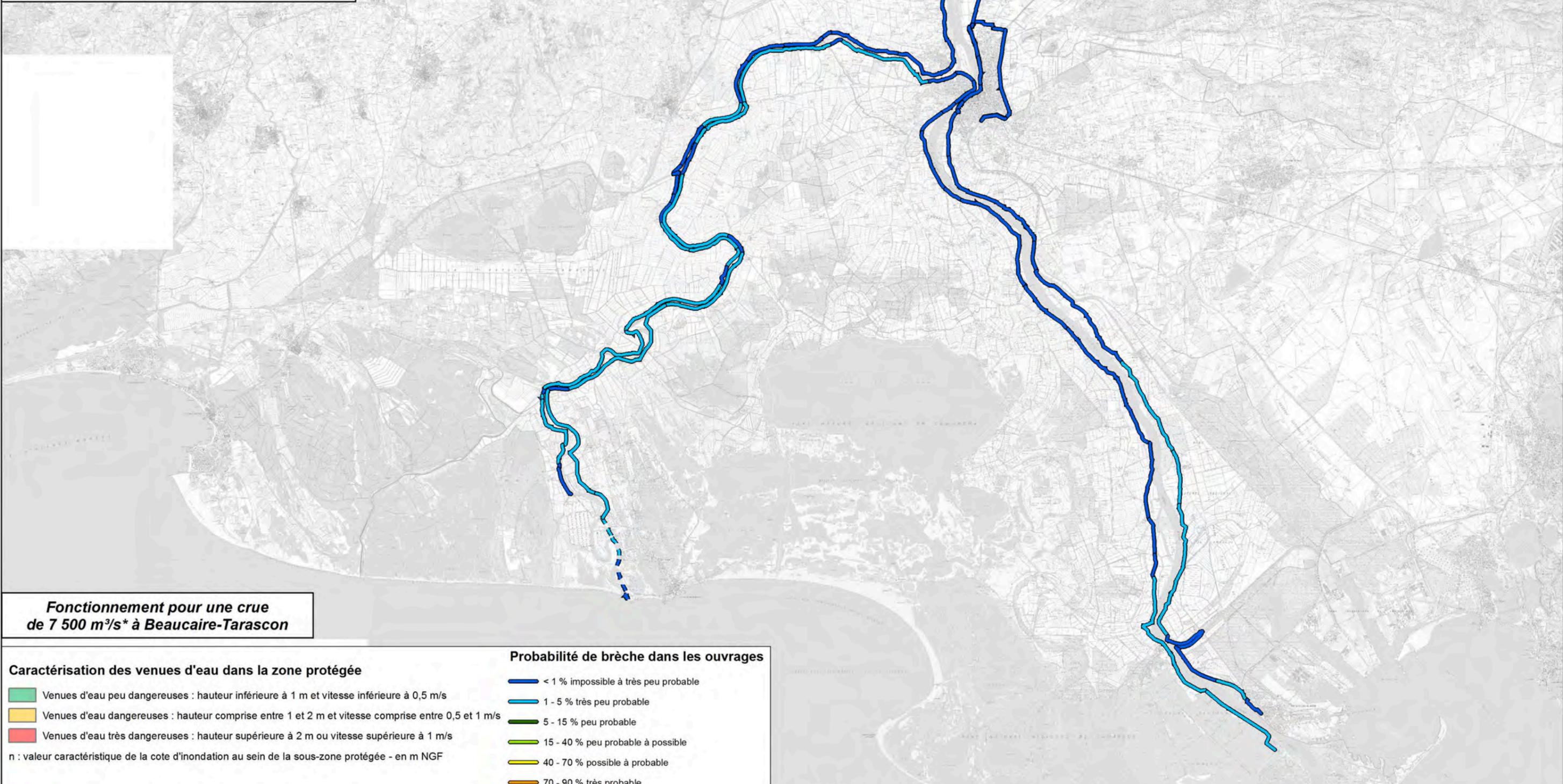
Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 7 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 8,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

Etat B (état actuel)
Fonctionnement nominal
du système d'endiguement

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter préfectoral du
24 avril 2018

Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



Fonctionnement pour une crue
de 7 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	

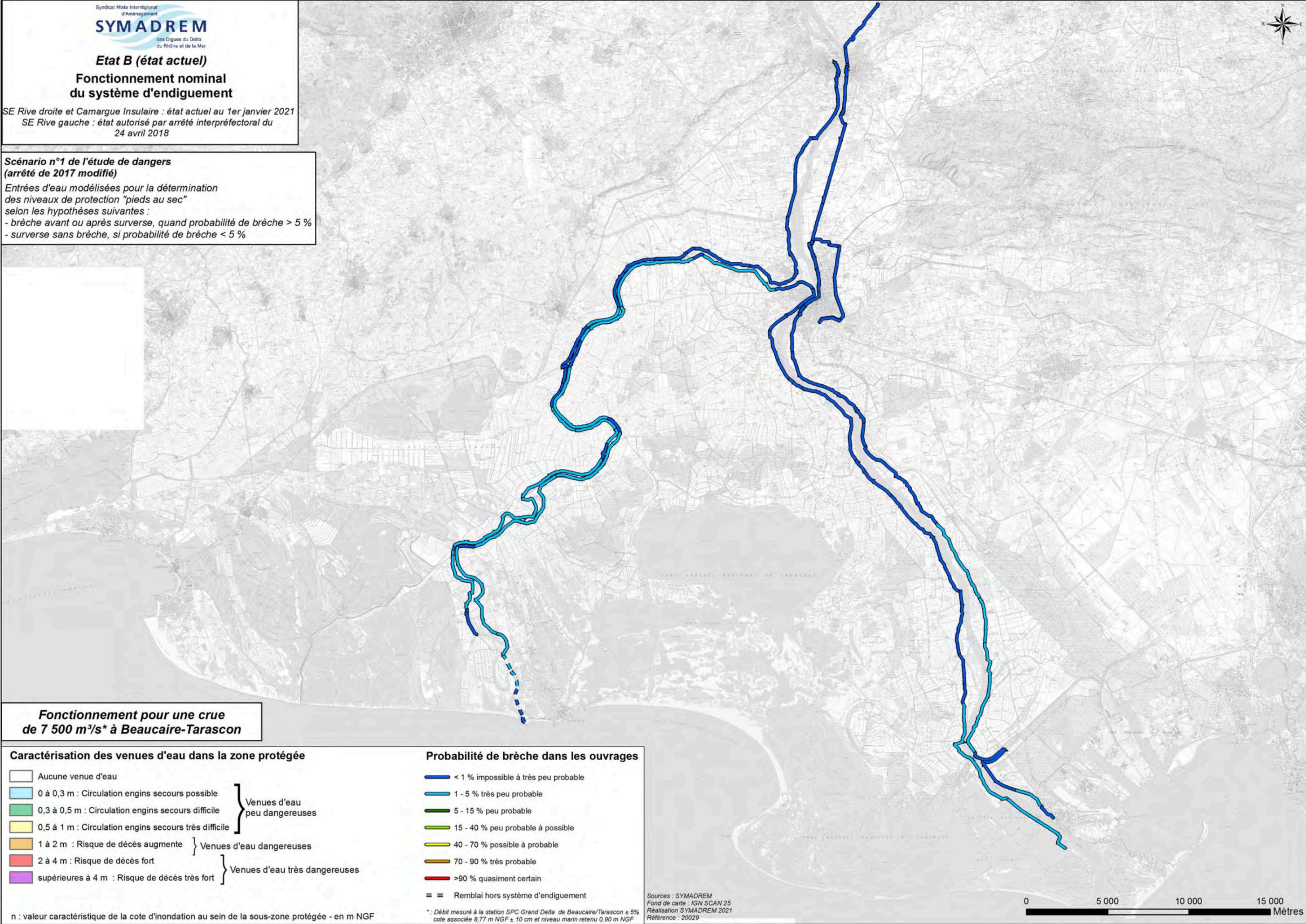
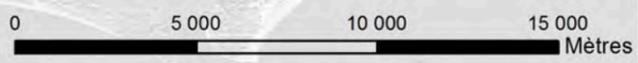
Probabilité de brèche dans les ouvrages

	< 1 % impossible à très peu probable
	1 - 5 % très peu probable
	5 - 15 % peu probable
	15 - 40 % peu probable à possible
	40 - 70 % possible à probable
	70 - 90 % très probable
	>90 % quasiment certain
	Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 8,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029



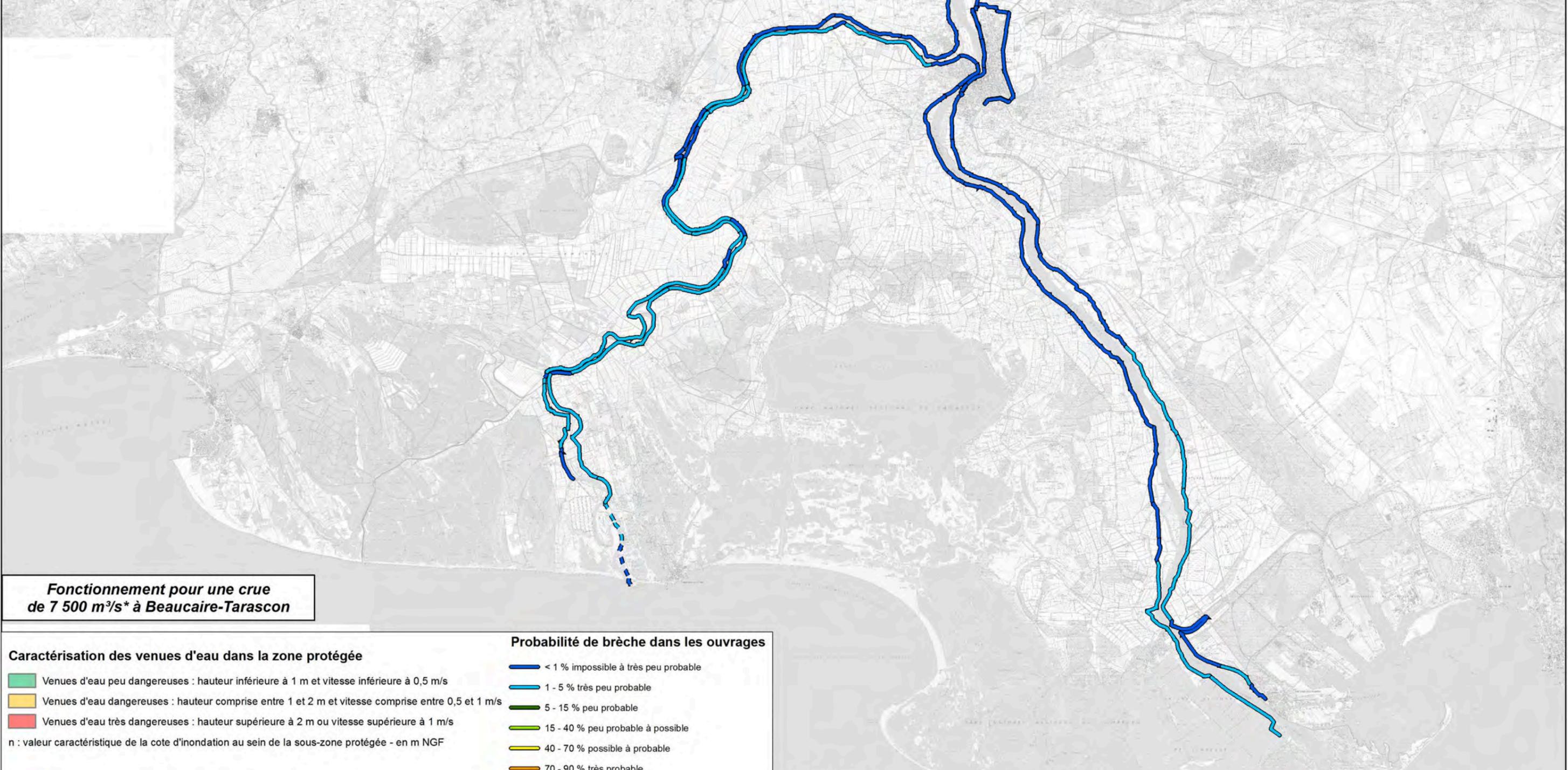
Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 7 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 8,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 7 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	} Venues d'eau dangereuses
	2 à 4 m : Risque de décès fort	
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	} Venues d'eau très dangereuses

Probabilité de brèche dans les ouvrages

	< 1 % impossible à très peu probable
	1 - 5 % très peu probable
	5 - 15 % peu probable
	15 - 40 % peu probable à possible
	40 - 70 % possible à probable
	70 - 90 % très probable
	>90 % quasiment certain
	Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 8,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038

0 5 000 10 000 15 000
Mètres





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 4 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement nominal et probable à certain pour une crue de $8\,500\text{ m}^3/\text{s} \pm 5\%$ à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

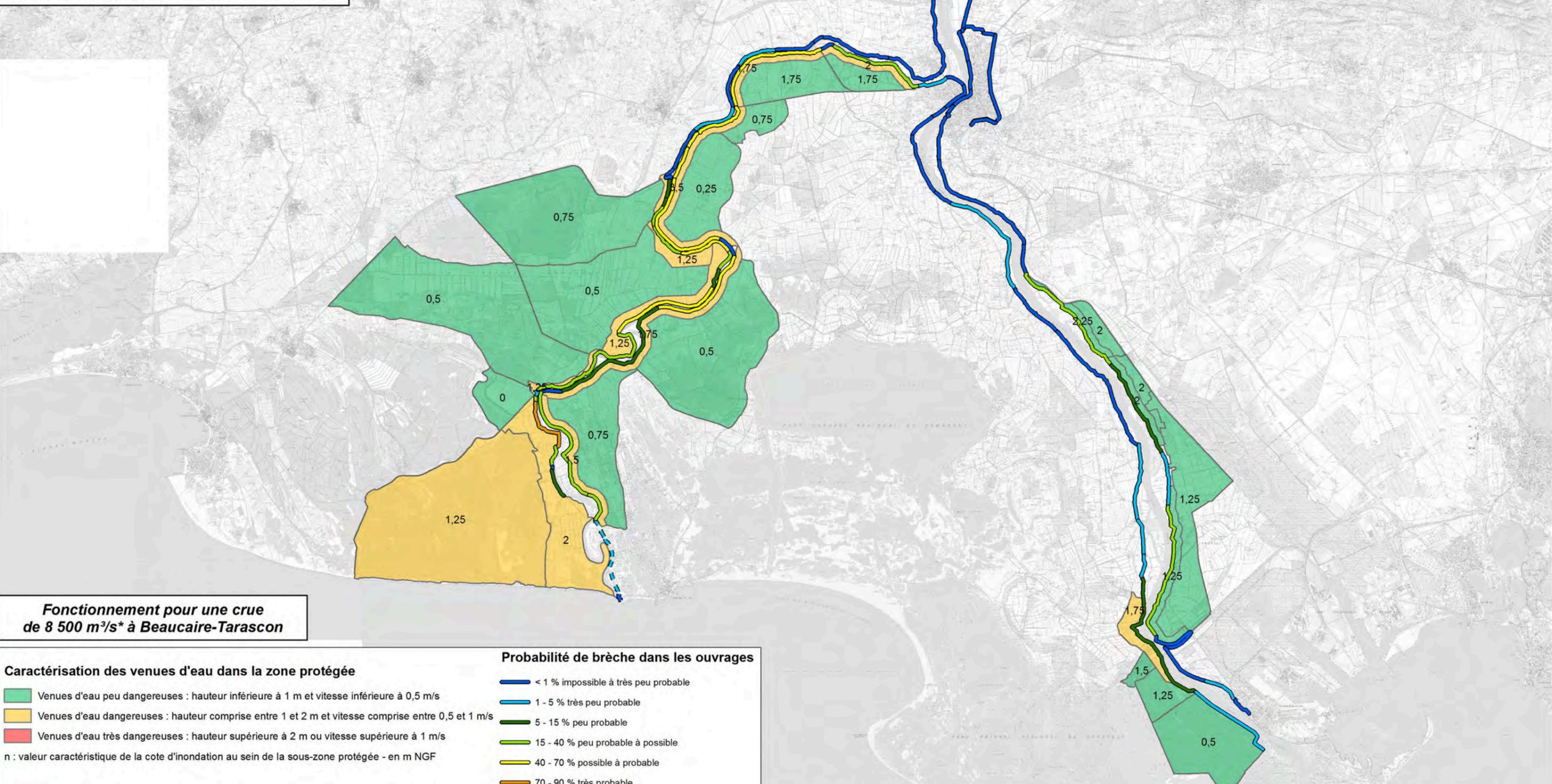
Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de $100\,000\text{ m}^3$)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 8 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée		Probabilité de brèche dans les ouvrages	
■	Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s	—	< 1 % impossible à très peu probable
■	Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s	—	1 - 5 % très peu probable
■	Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s	—	5 - 15 % peu probable
n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF		—	15 - 40 % peu probable à possible
		—	40 - 70 % possible à probable
		—	70 - 90 % très probable
		—	>90 % quasiment certain
		■	Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 9,58 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

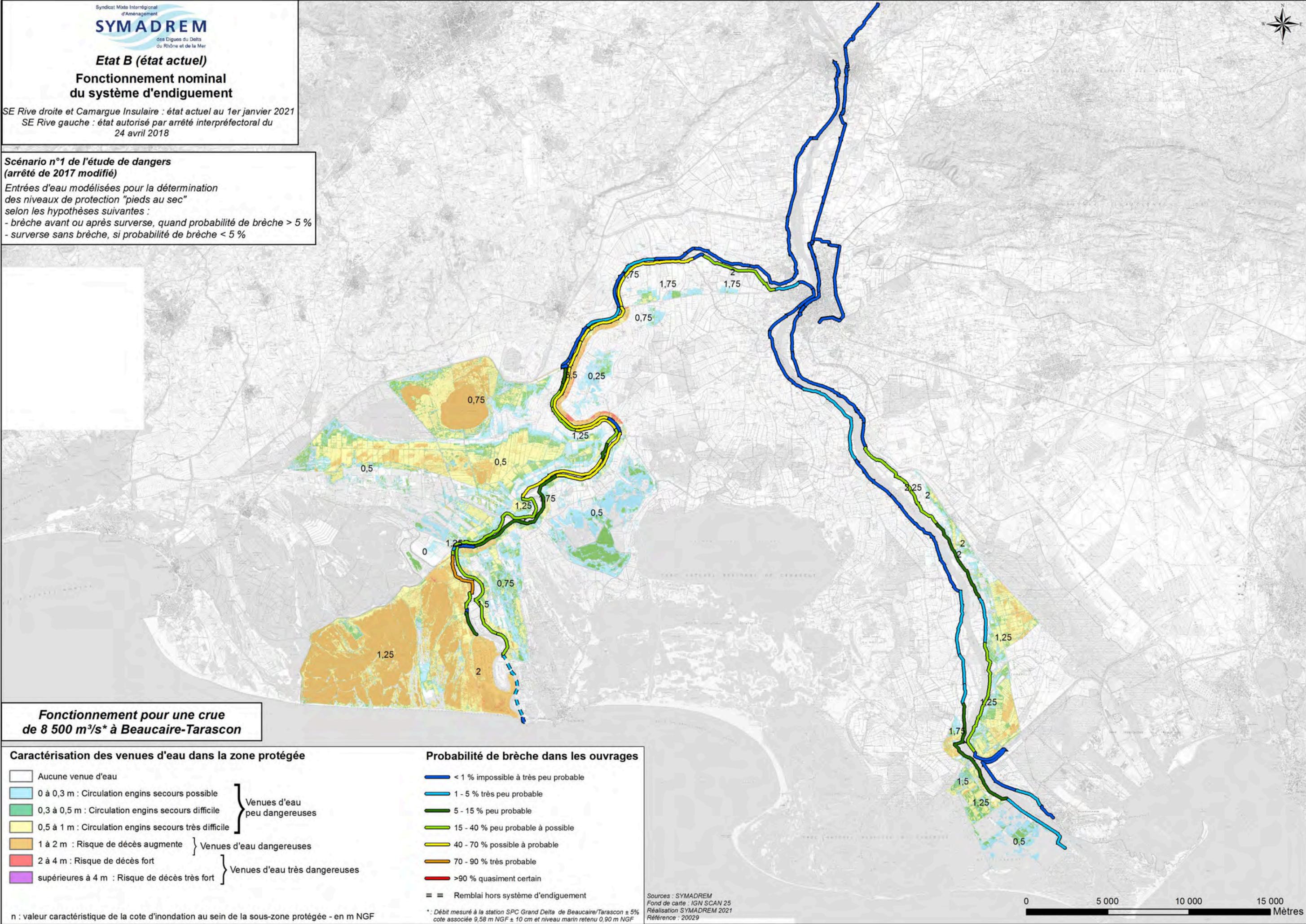
Etat B (état actuel)
Fonctionnement nominal
du système d'endiguement

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



Fonctionnement pour une crue
de 8 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	

Probabilité de brèche dans les ouvrages

	< 1 % impossible à très peu probable
	1 - 5 % très peu probable
	5 - 15 % peu probable
	15 - 40 % peu probable à possible
	40 - 70 % possible à probable
	70 - 90 % très probable
	>90 % quasiment certain
	Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 9,58 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029



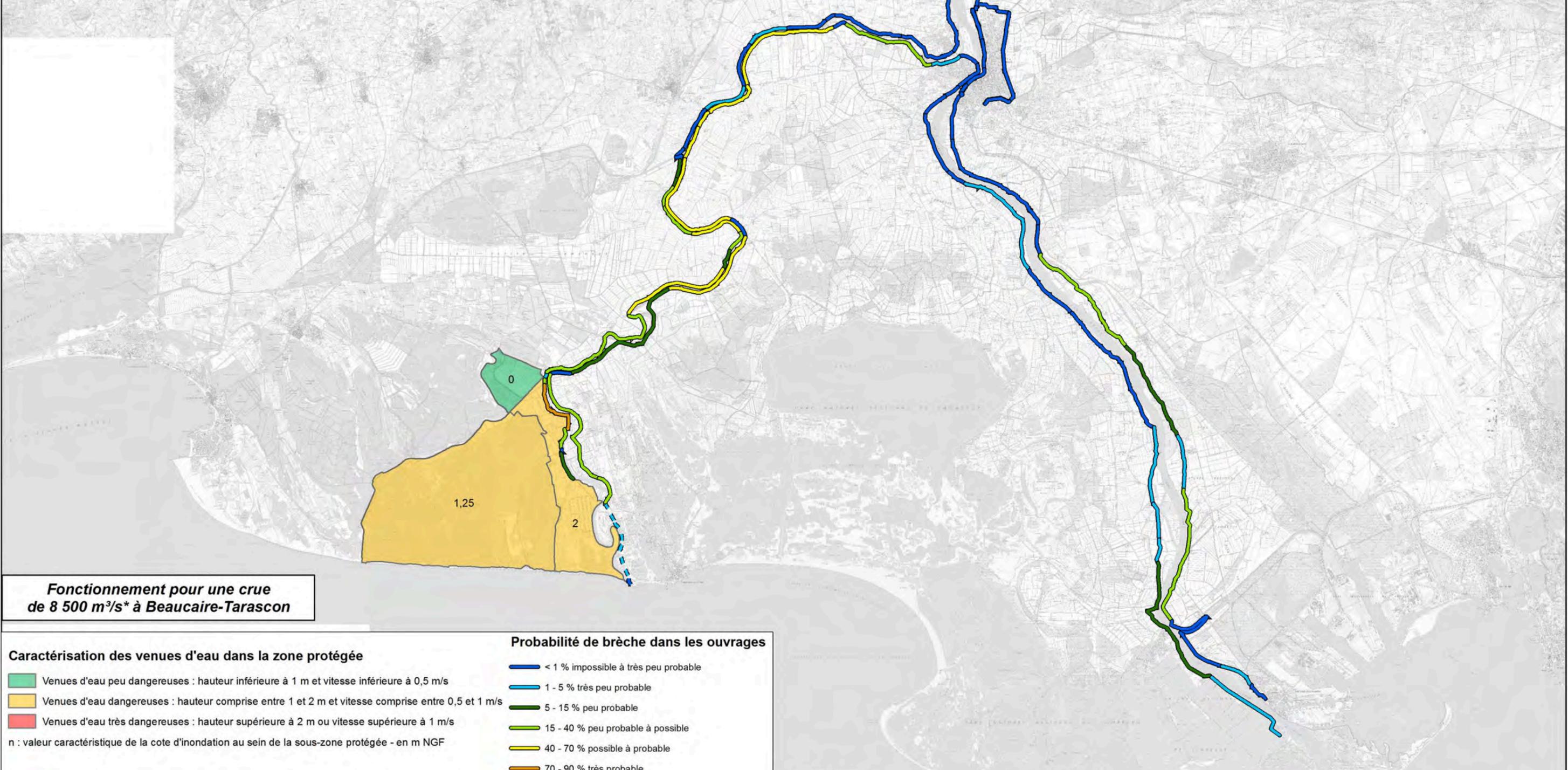
Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté interpréfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 8 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- > 90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20043

0 5 000 10 000 15 000
Mètres

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 9,58 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 8 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | } Venues d'eau dangereuses |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | } Venues d'eau très dangereuses |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | |
| | Zone des 3 heures | |

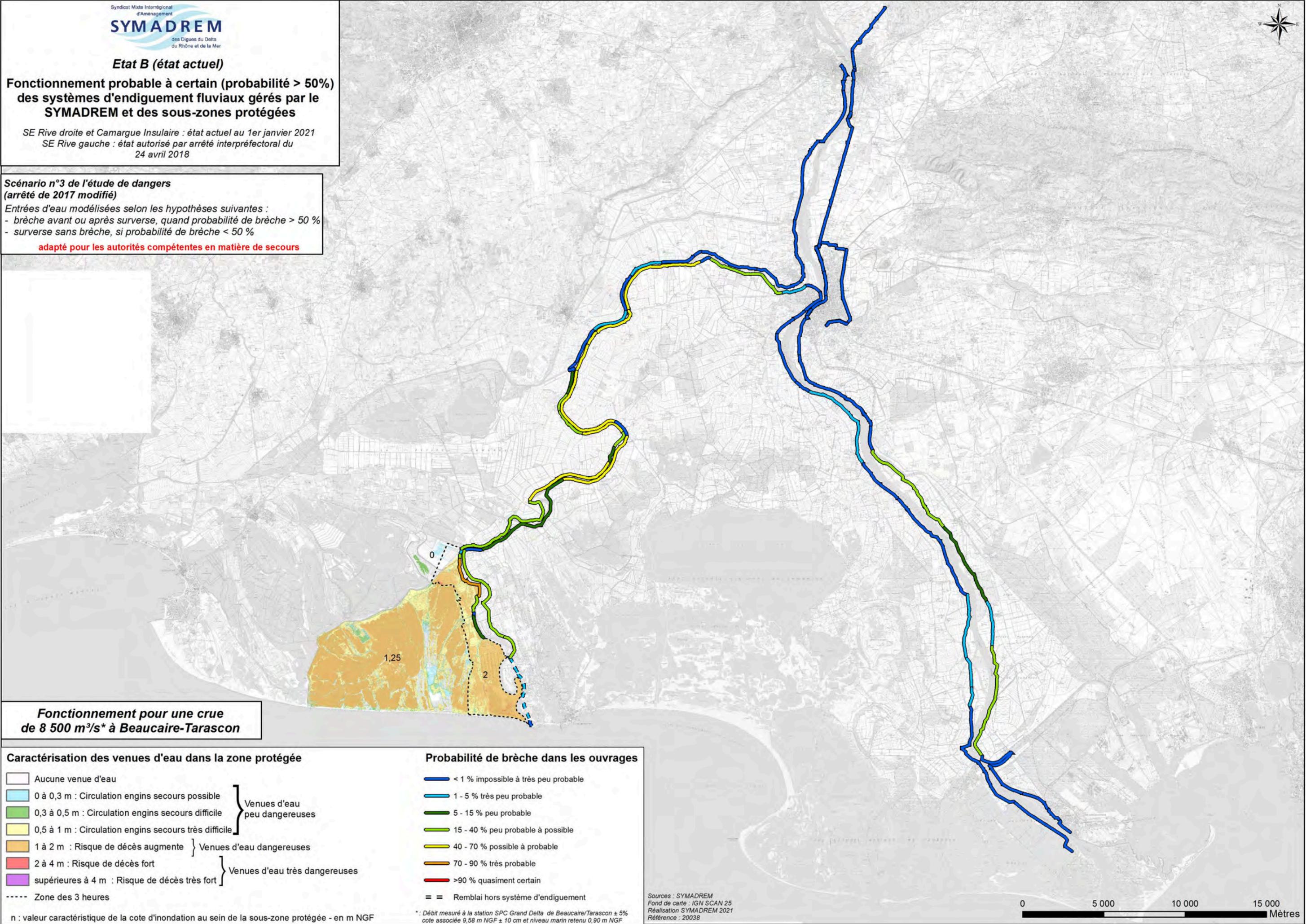
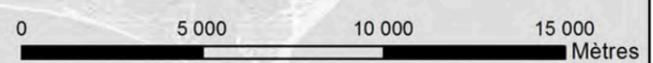
Probabilité de brèche dans les ouvrages

- | | |
|--|--------------------------------------|
| | < 1 % impossible à très peu probable |
| | 1 - 5 % très peu probable |
| | 5 - 15 % peu probable |
| | 15 - 40 % peu probable à possible |
| | 40 - 70 % possible à probable |
| | 70 - 90 % très probable |
| | >90 % quasiment certain |
| | Remblai hors système d'endiguement |

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 9,58 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,90 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 5 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **9 500 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

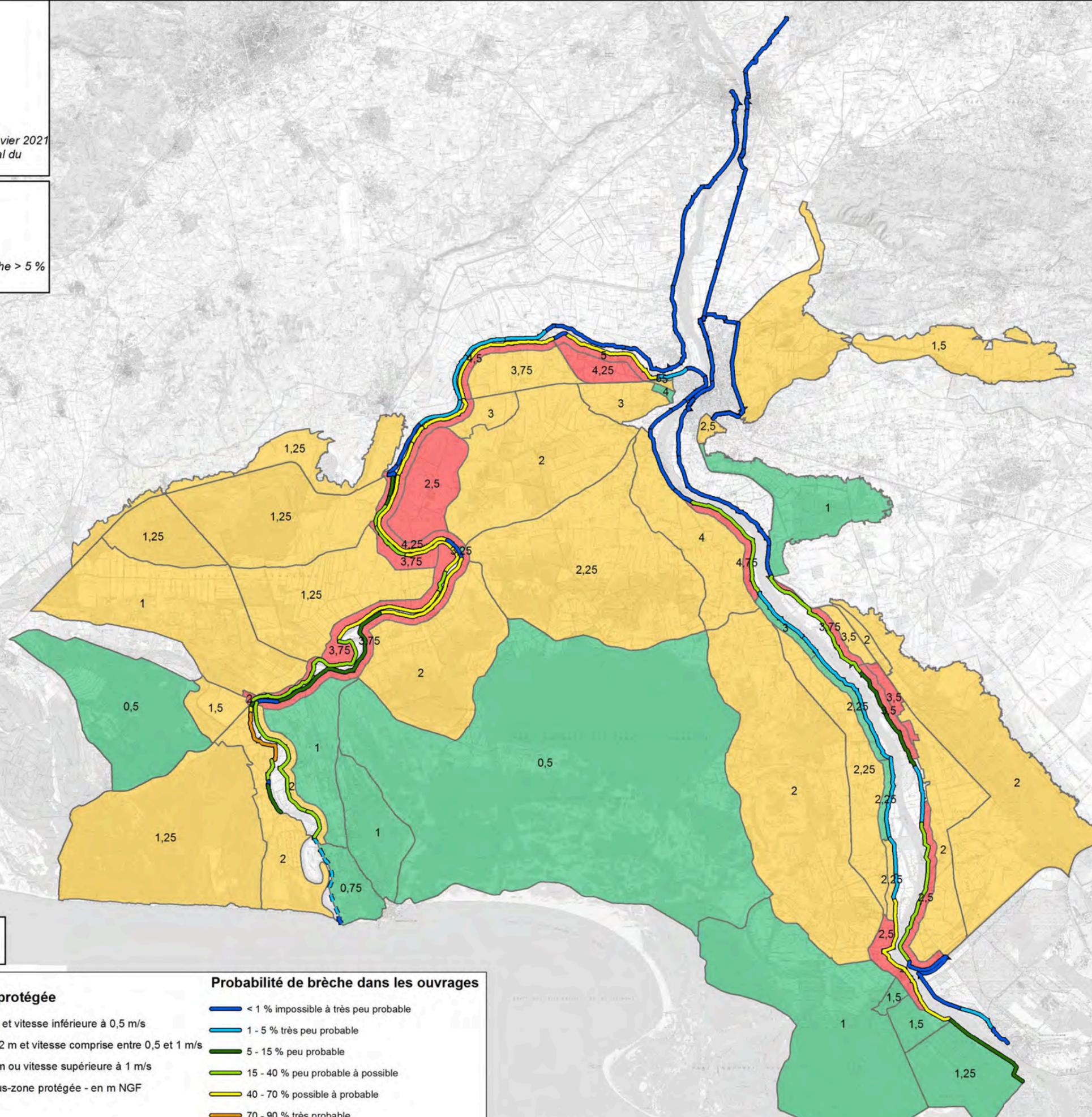
Etat B (état actuel)
Fonctionnement nominal
du système d'endiguement

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté interpréfectoral du
24 avril 2018

Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



Fonctionnement pour une crue
de 9 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
 - Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
 - Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s
- n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021

0 5 000 10 000 15 000 Mètres

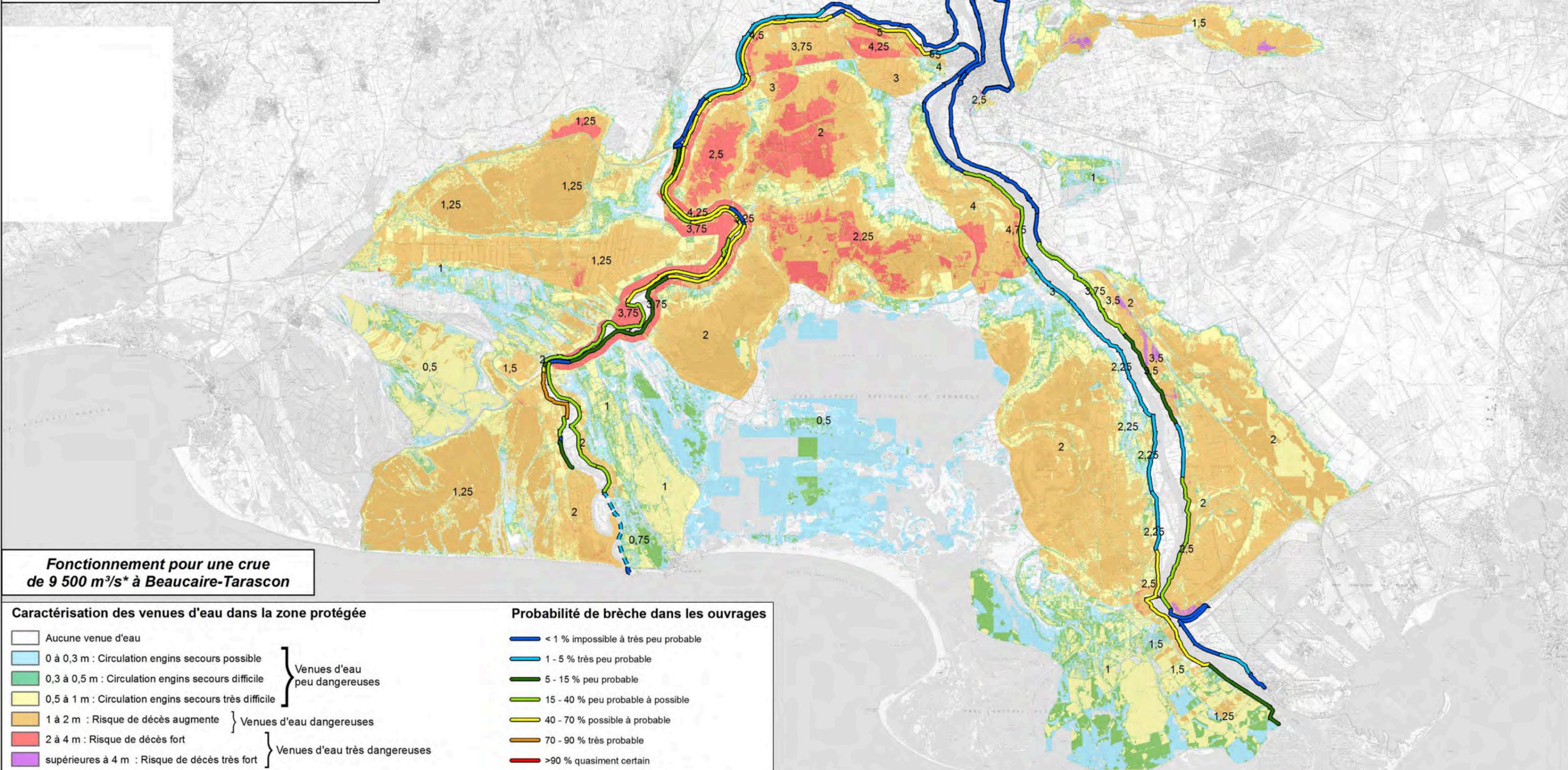
* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,95 m NGF



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 9 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } Venues d'eau dangereuses |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | } Venues d'eau très dangereuses |

Probabilité de brèche dans les ouvrages

-
-
-
-
-
-
-
-

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,95 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029



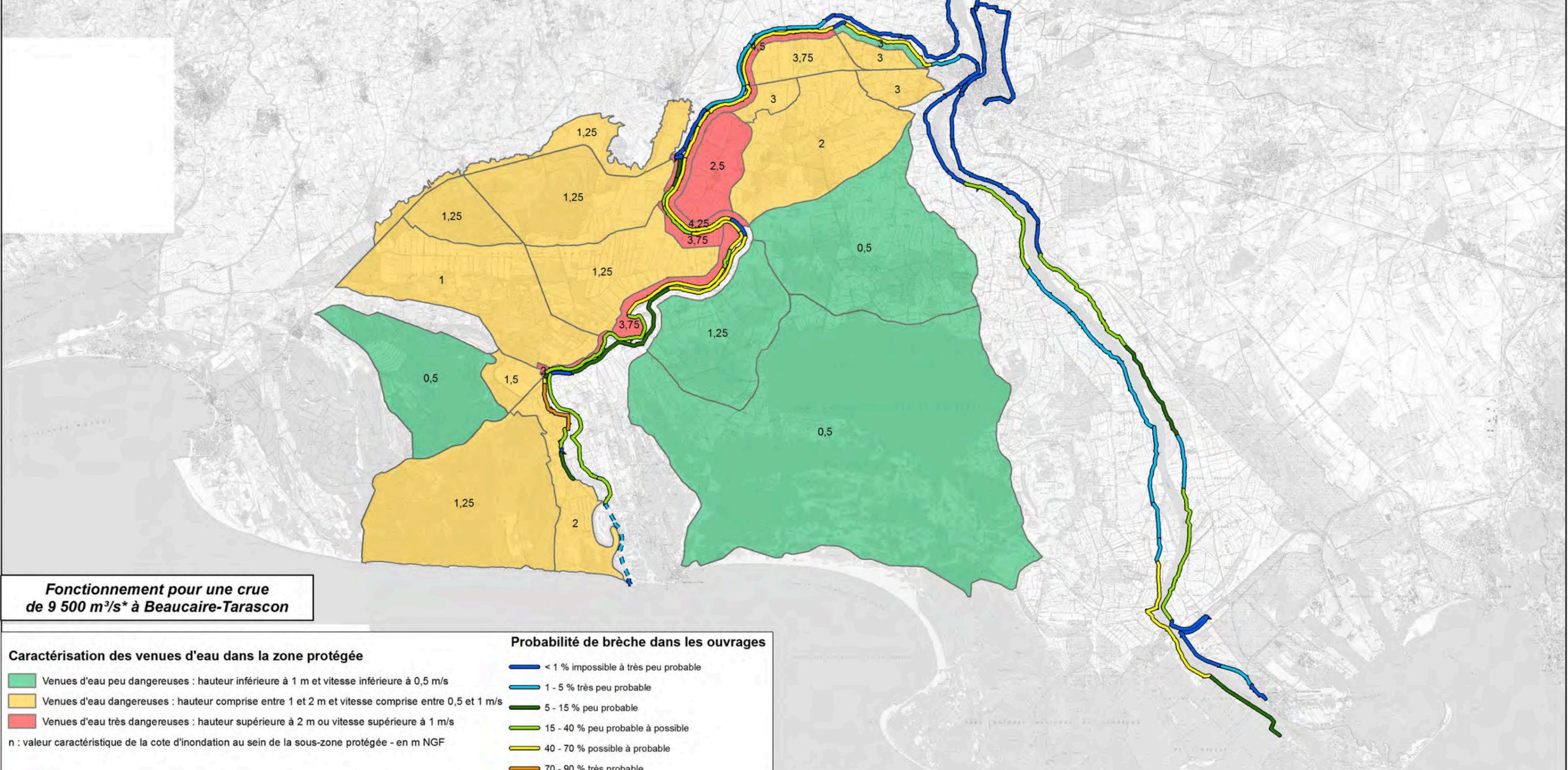
Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 9 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,95 m NGF

Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 9 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	} Venues d'eau très dangereuses
	----- Zone des 3 heures	

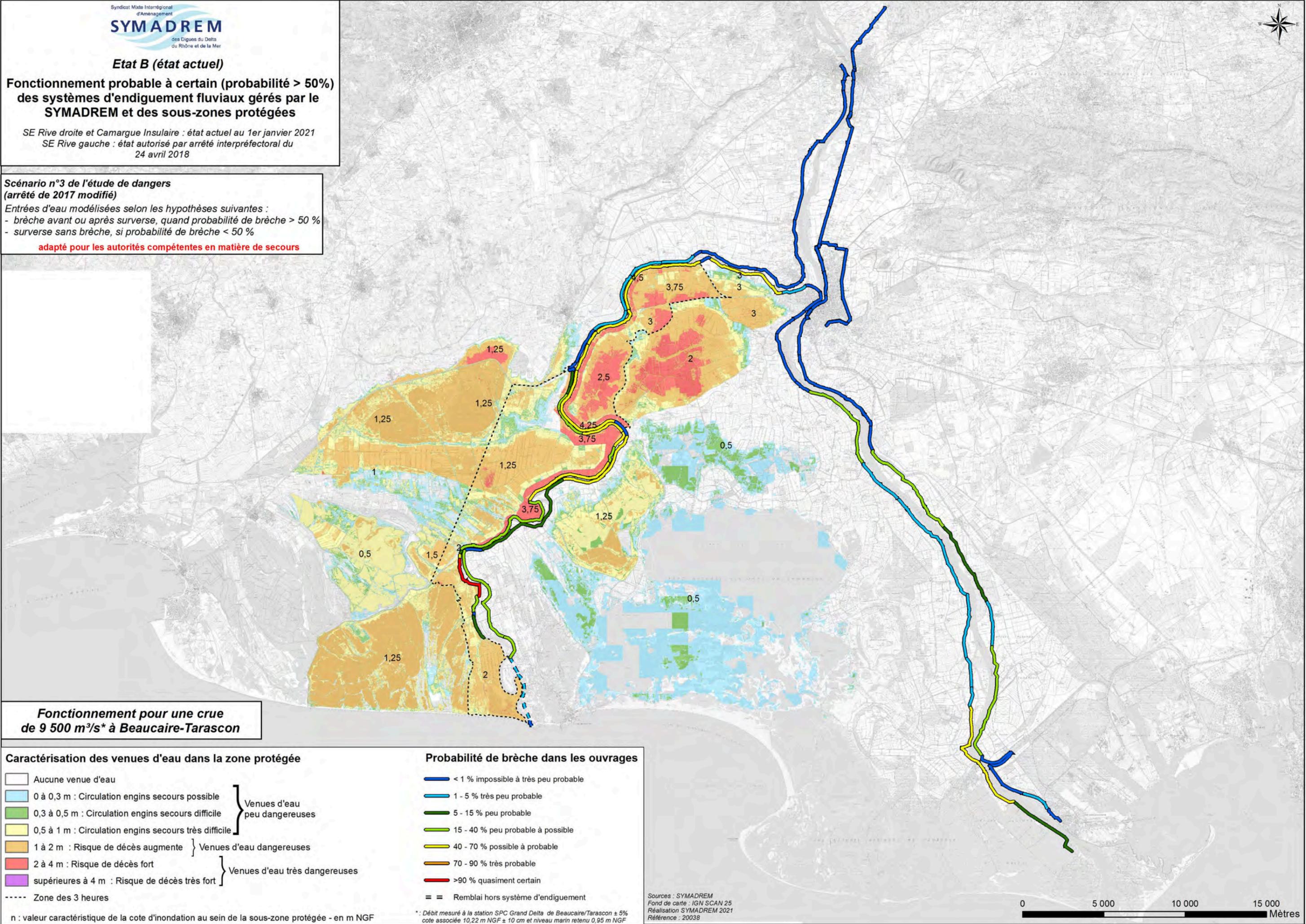
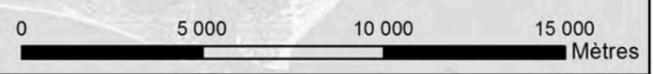
Probabilité de brèche dans les ouvrages

	< 1 % impossible à très peu probable
	1 - 5 % très peu probable
	5 - 15 % peu probable
	15 - 40 % peu probable à possible
	40 - 70 % possible à probable
	70 - 90 % très probable
	>90 % quasiment certain
	Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,95 m NGF
Référence : 20038

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 6 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement nominal et probable à certain pour une crue de $10\,500\text{ m}^3/\text{s} \pm 5\%$ à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de $100\,000\text{ m}^3$)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

Etat B (état actuel)
Fonctionnement nominal
du système d'endiguement

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté interpréfectoral du
24 avril 2018

Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



Fonctionnement pour une crue
de 10 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
 - Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
 - Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s
- n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021

0 5 000 10 000 15 000
Mètres



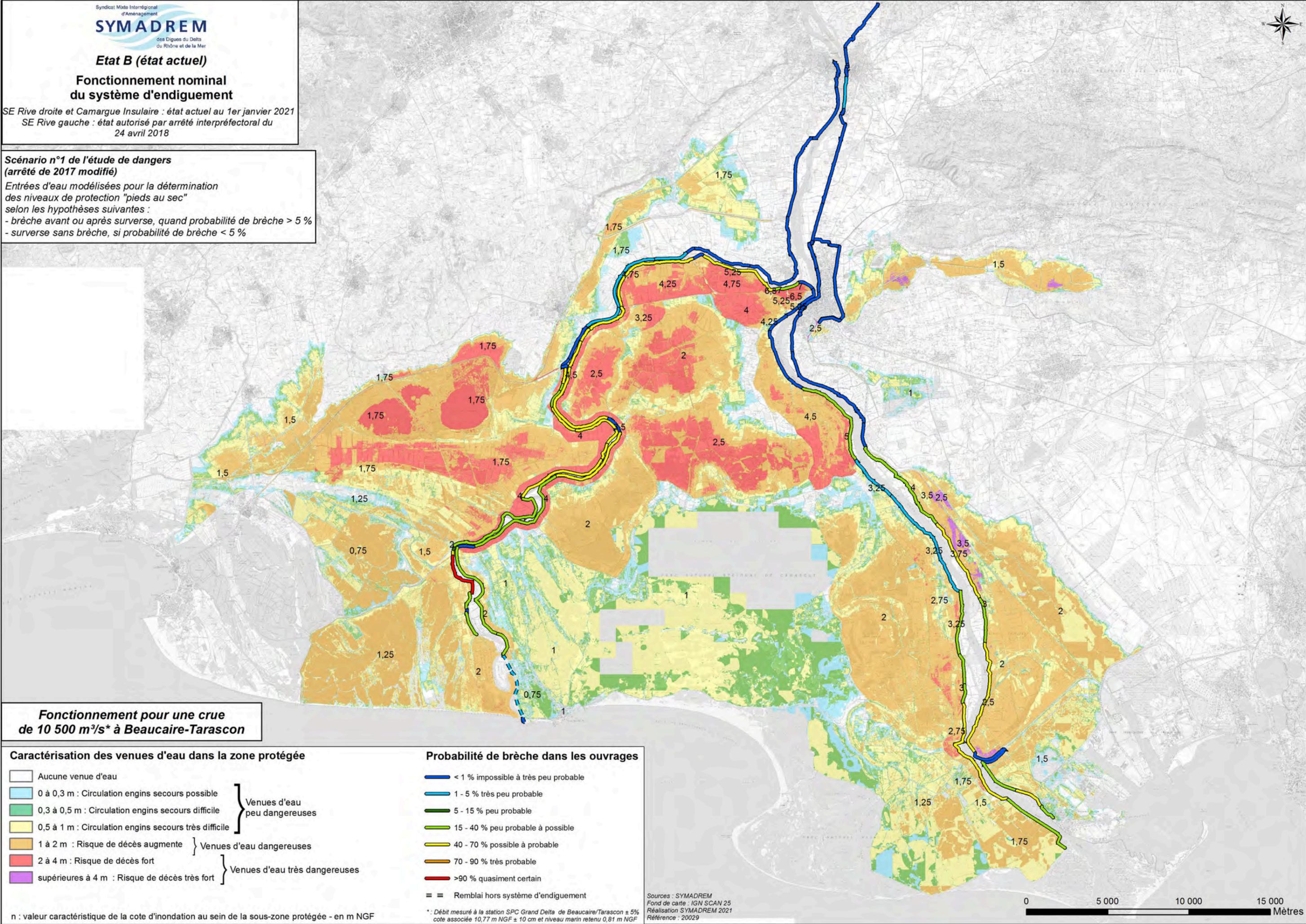
* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,81 m NGF



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 10 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } Venues d'eau dangereuses |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | } Venues d'eau très dangereuses |

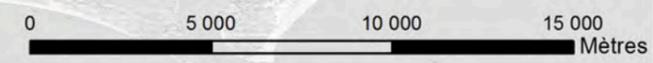
Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,81 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029



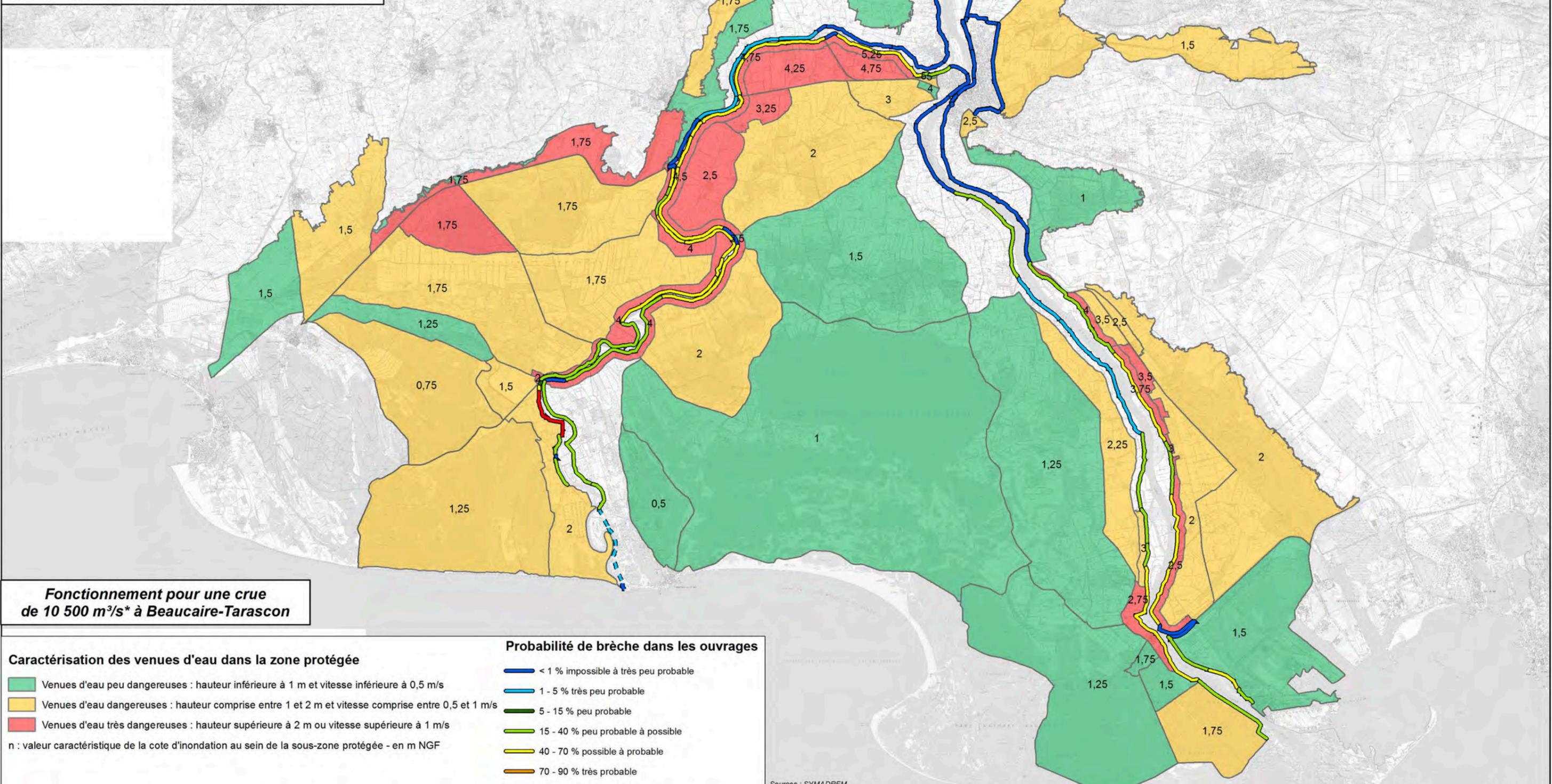
Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté interpréfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 10 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,81 m NGF

Etat B (état actuel)

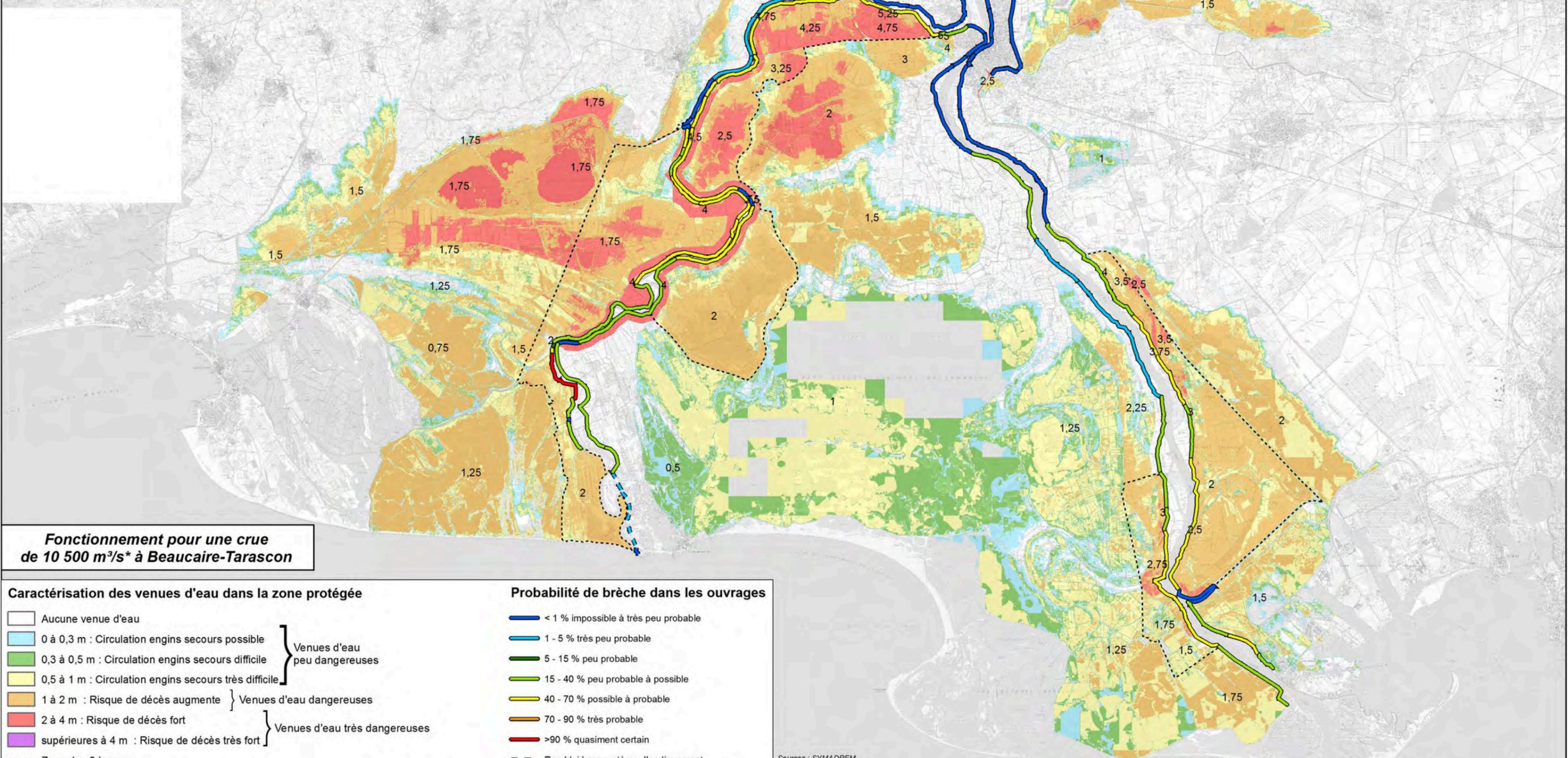
**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 10 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	
	Zone des 3 heures	

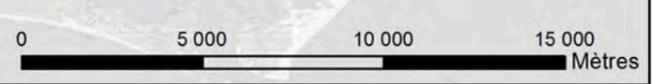
Probabilité de brèche dans les ouvrages

	< 1 % impossible à très peu probable
	1 - 5 % très peu probable
	5 - 15 % peu probable
	15 - 40 % peu probable à possible
	40 - 70 % possible à probable
	70 - 90 % très probable
	>90 % quasiment certain
	Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 10,77 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,81 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 7 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **11 500 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

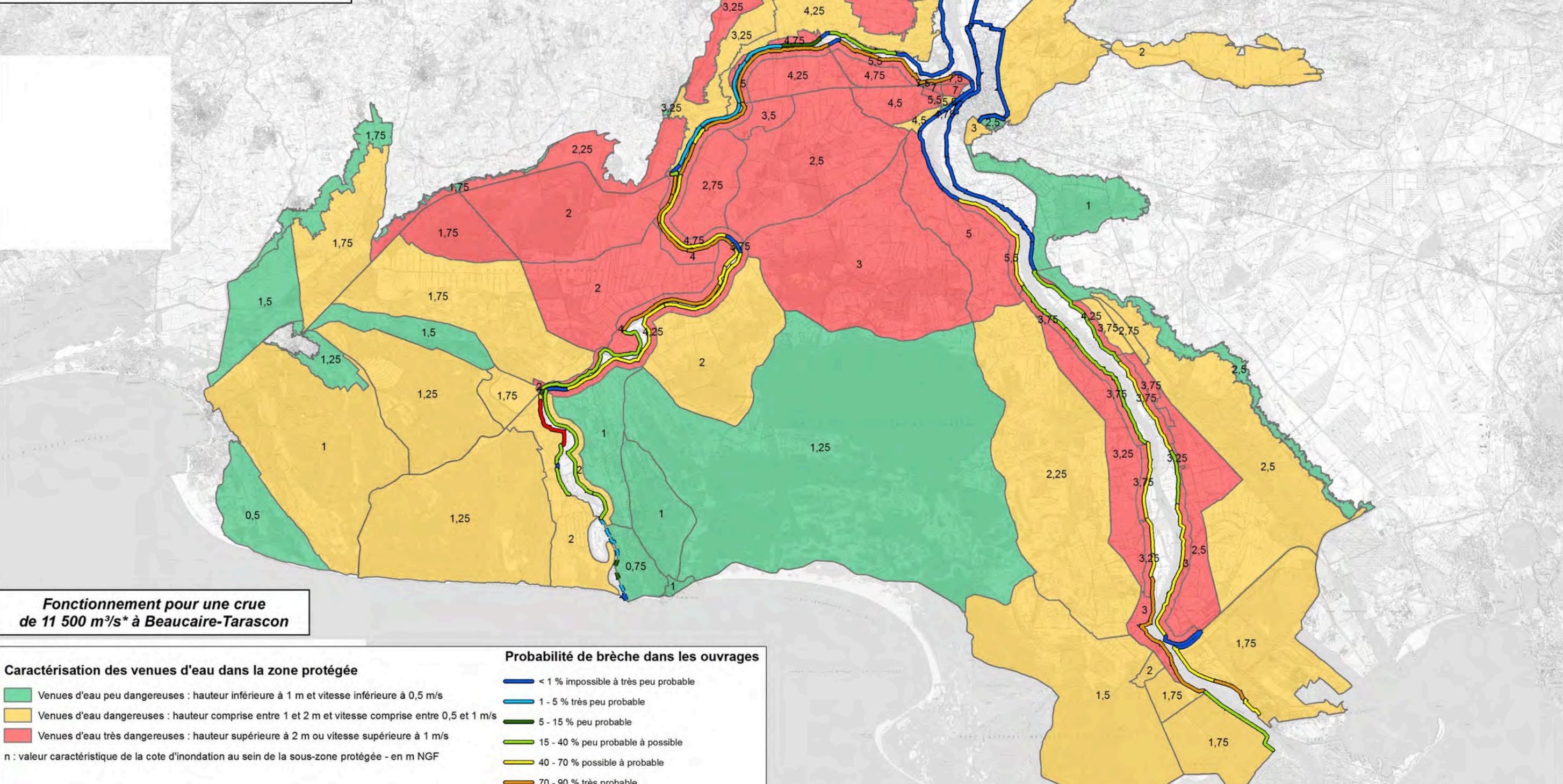
Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	} Venues d'eau dangereuses
	2 à 4 m : Risque de décès fort	
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	} Venues d'eau très dangereuses

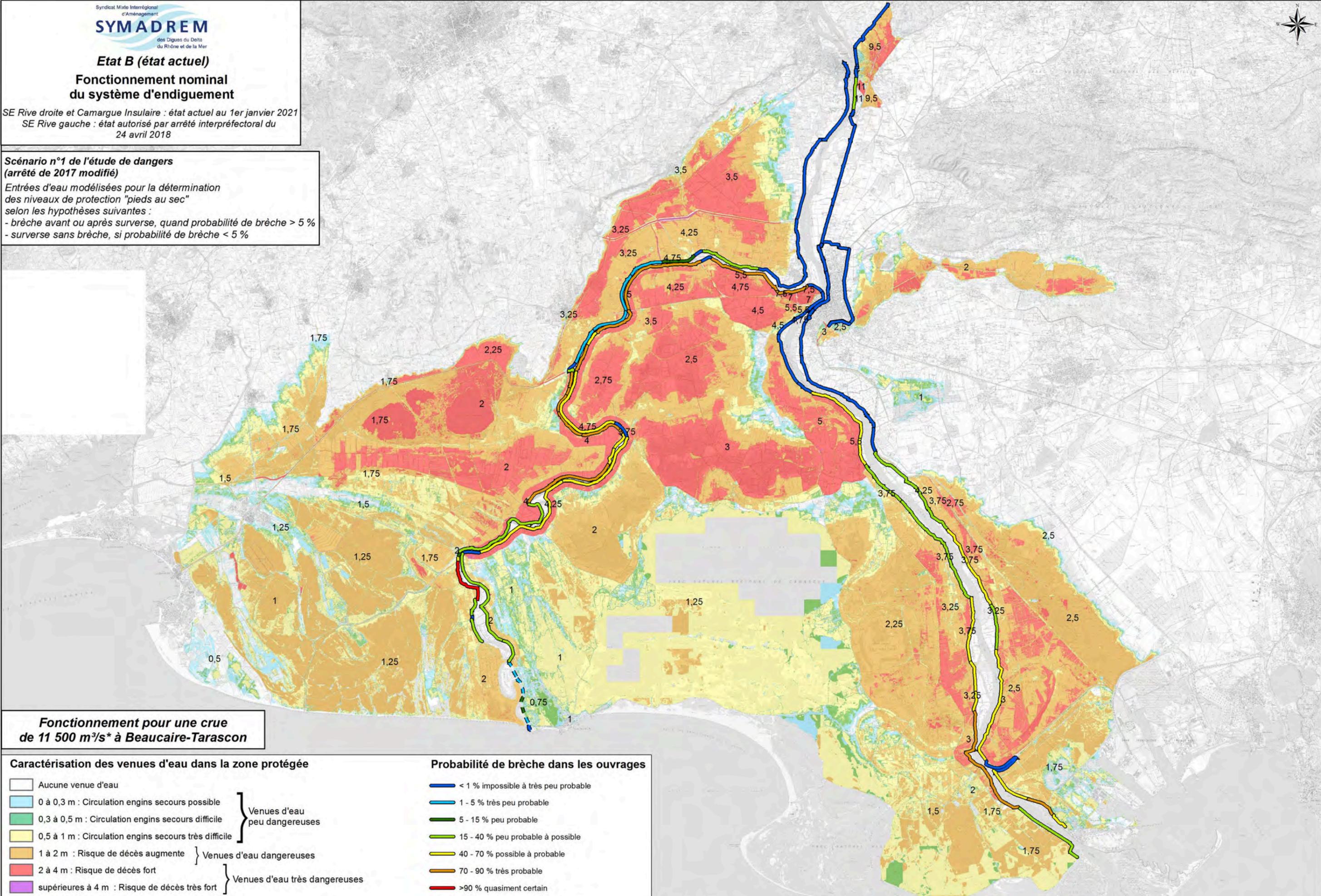
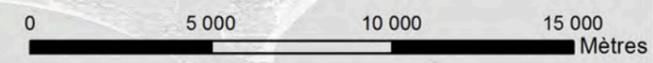
Probabilité de brèche dans les ouvrages

	< 1 % impossible à très peu probable
	1 - 5 % très peu probable
	5 - 15 % peu probable
	15 - 40 % peu probable à possible
	40 - 70 % possible à probable
	70 - 90 % très probable
	>90 % quasiment certain
	Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 11,30 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,98 m NGF
Référence : 20029

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029



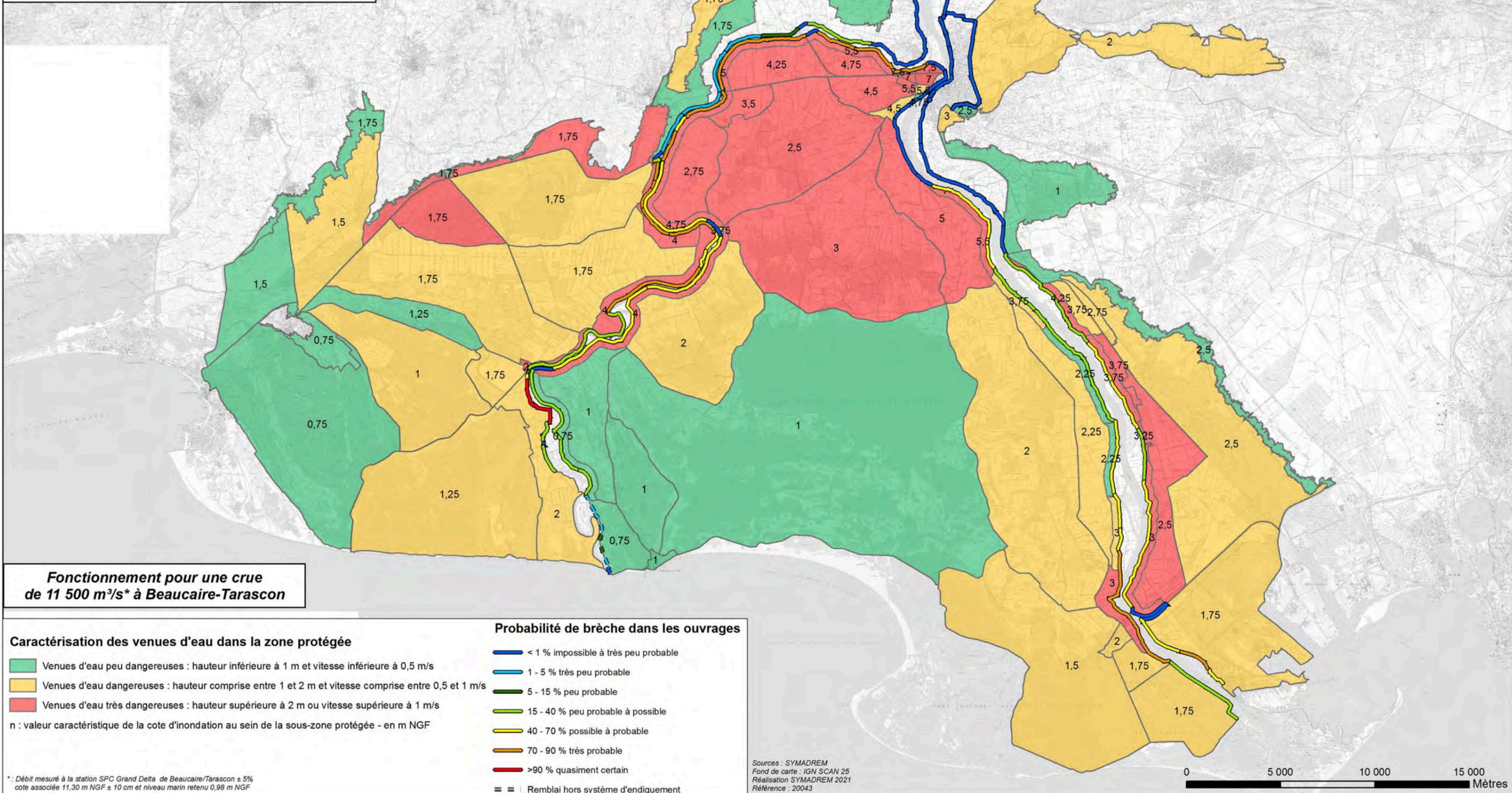
Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 11,30 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,98 m NGF

Etat B (état actuel)

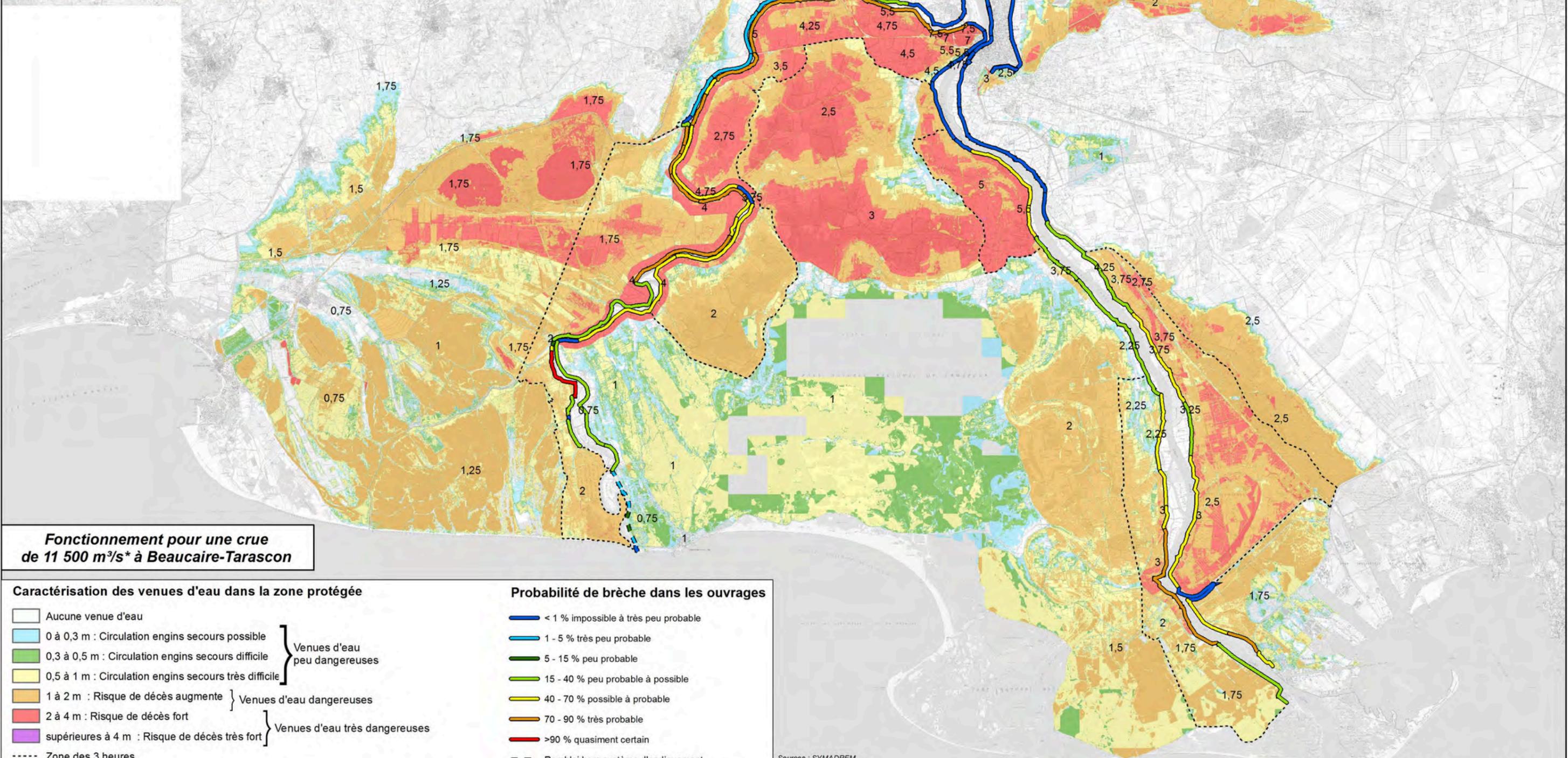
**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

□ Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
□ 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
□ 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
□ 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	
□ 1 à 2 m : Risque de décès augmente	} Venues d'eau dangereuses
□ 2 à 4 m : Risque de décès fort	
□ supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	} Venues d'eau très dangereuses
----- Zone des 3 heures	

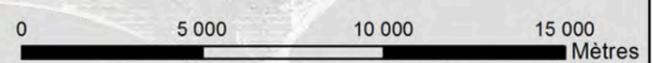
Probabilité de brèche dans les ouvrages

— < 1 % impossible à très peu probable
— 1 - 5 % très peu probable
— 5 - 15 % peu probable
— 15 - 40 % peu probable à possible
— 40 - 70 % possible à probable
— 70 - 90 % très probable
— >90 % quasiment certain
■ Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 11,30 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,98 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 8 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **12 500 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

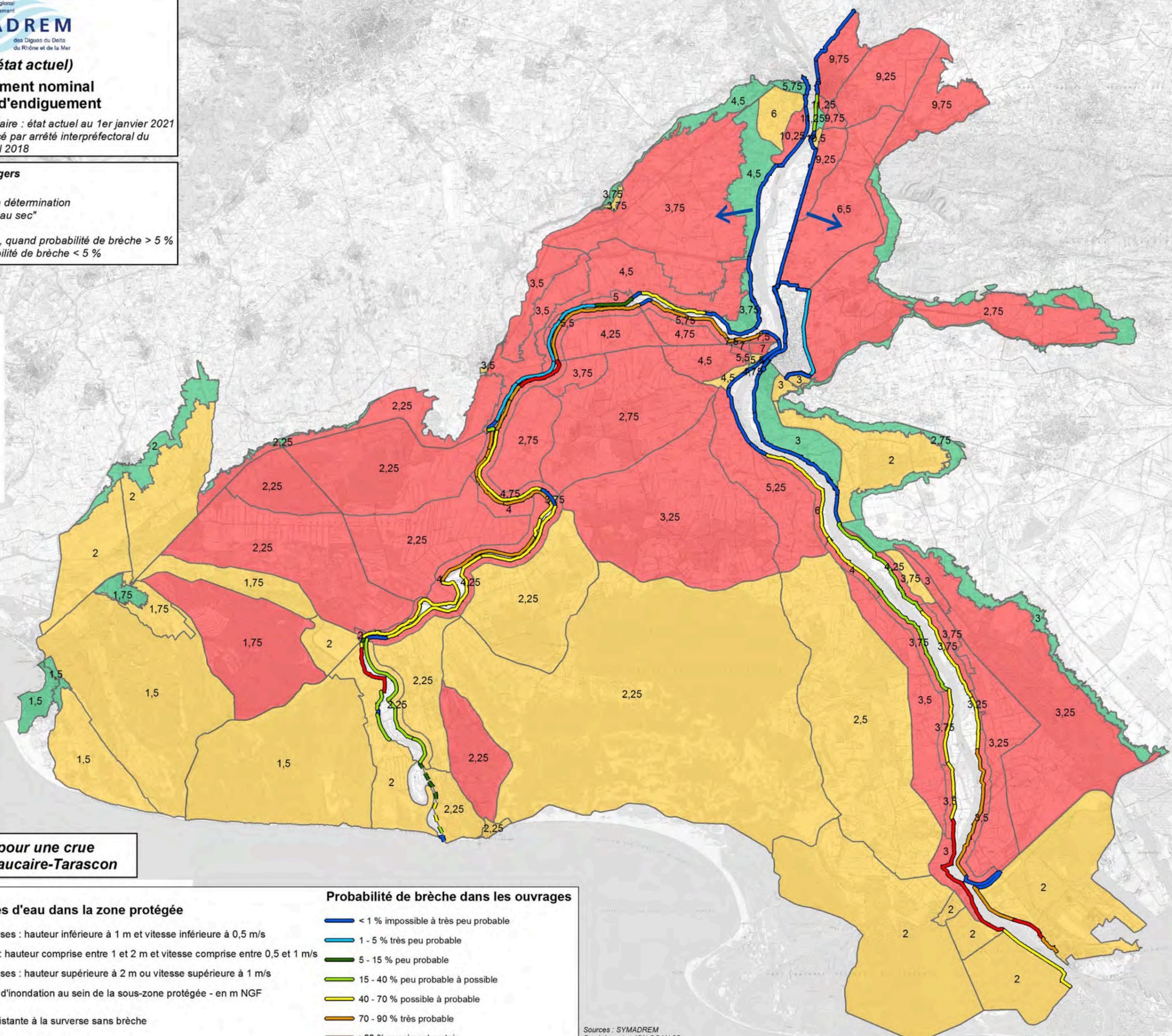
Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } Venues d'eau dangereuses |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | } Venues d'eau très dangereuses |

Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

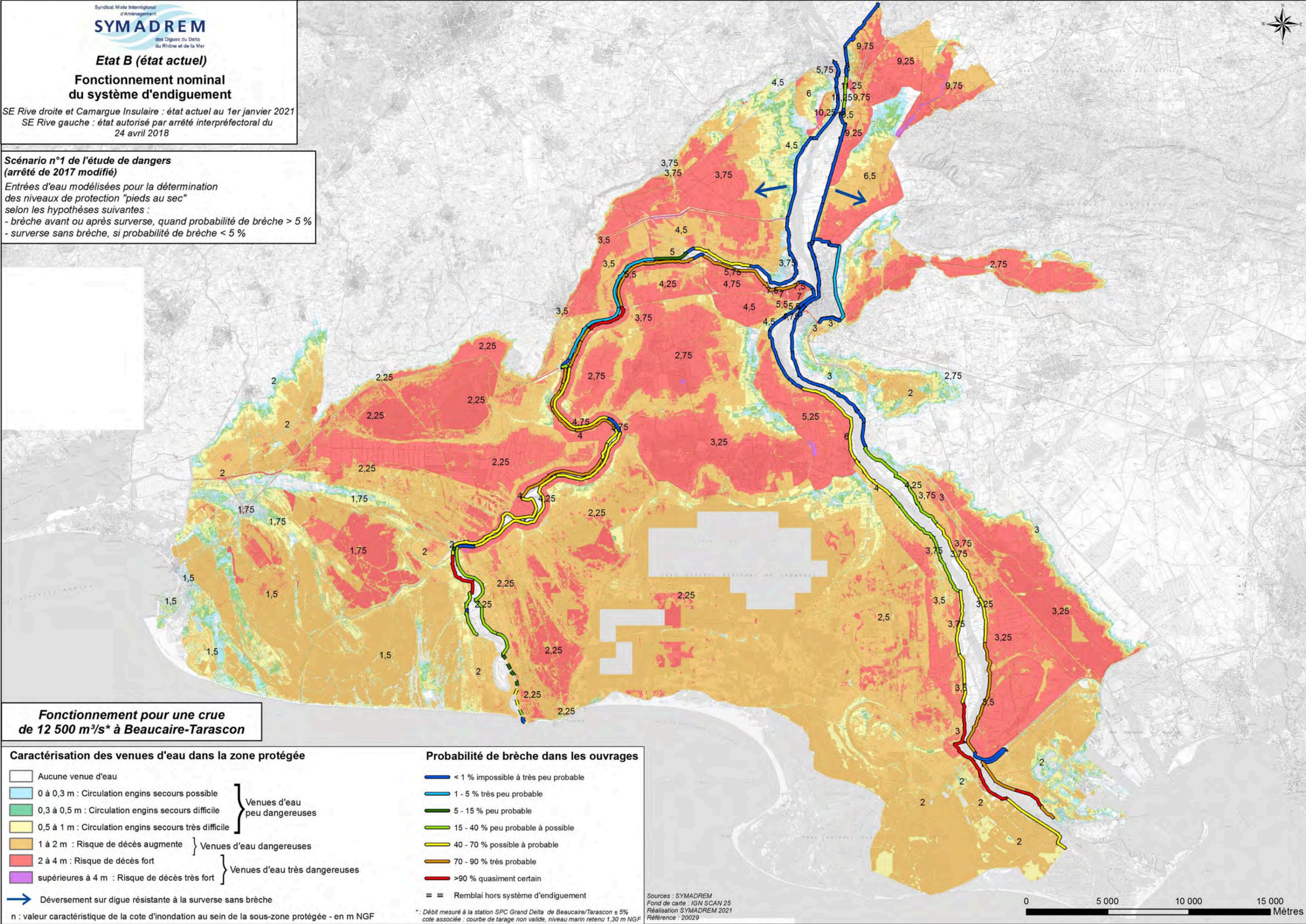
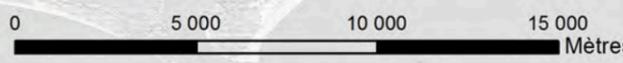
n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- | | |
|--|--------------------------------------|
| | < 1 % impossible à très peu probable |
| | 1 - 5 % très peu probable |
| | 5 - 15 % peu probable |
| | 15 - 40 % peu probable à possible |
| | 40 - 70 % possible à probable |
| | 70 - 90 % très probable |
| | >90 % quasiment certain |
| | Remblai hors système d'endiguement |

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,30 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029



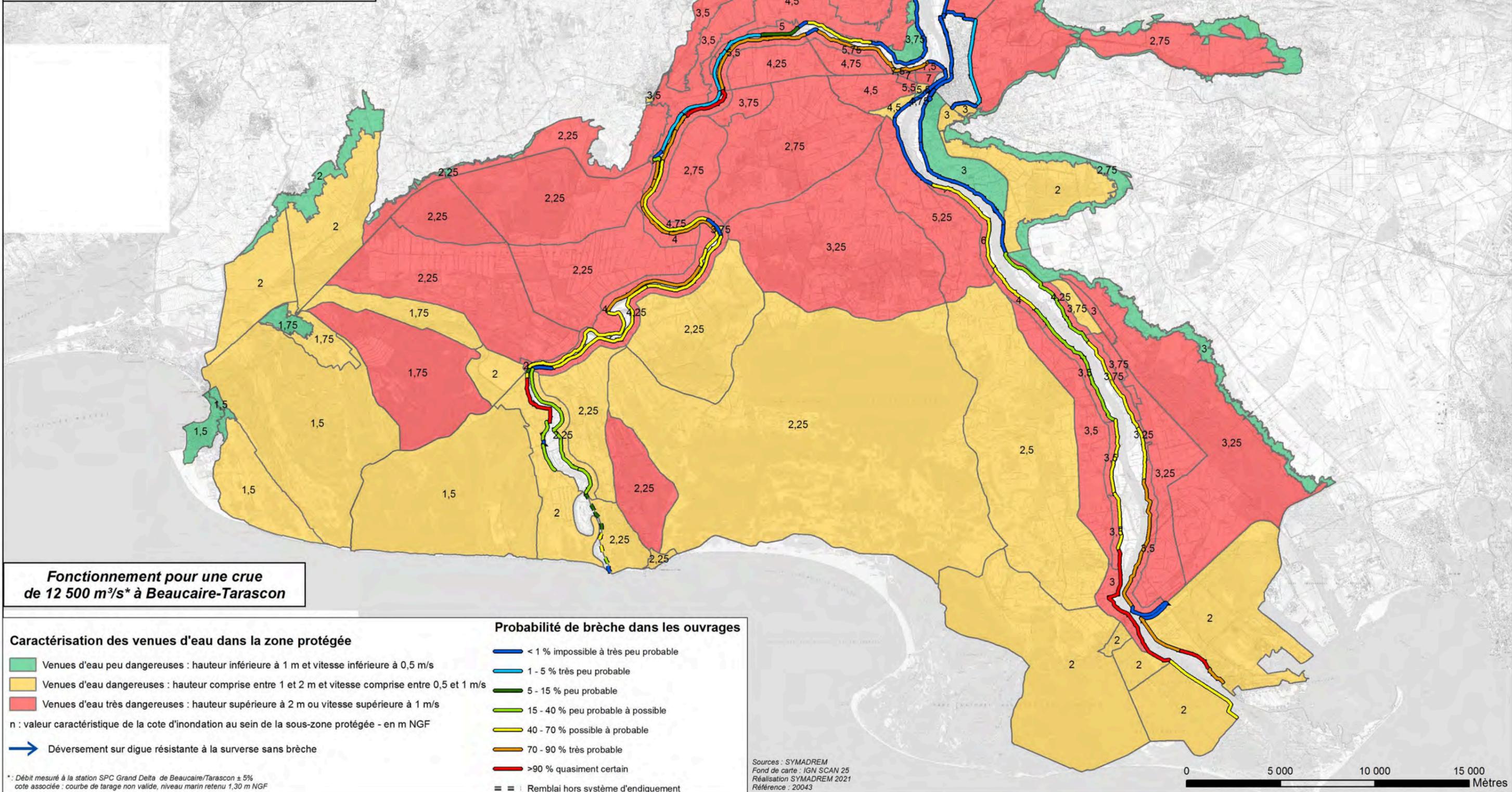
Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,30 m NGF

Etat B (état actuel)

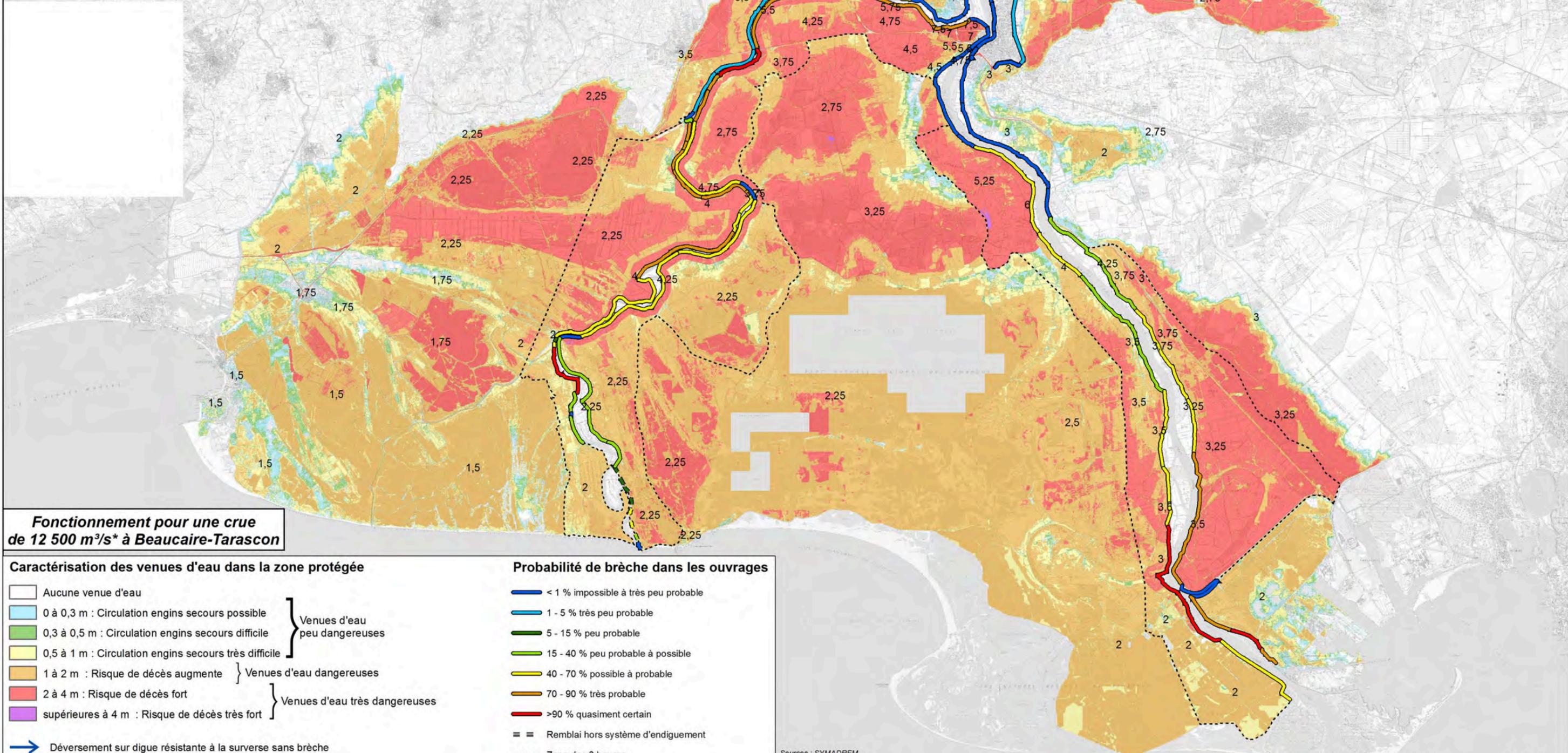
**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Aucune venue d'eau
 - 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible
 - 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile
 - 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile
 - 1 à 2 m : Risque de décès augmente
 - 2 à 4 m : Risque de décès fort
 - supérieures à 4 m : Risque de décès très fort
- } Venues d'eau peu dangereuses
- } Venues d'eau dangereuses
- } Venues d'eau très dangereuses

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- ▬ Remblai hors système d'endiguement
- Zone des 3 heures

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,30 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038

0 5 000 10 000 15 000 Mètres



ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 9 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **14 160 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

Etat B (état actuel)

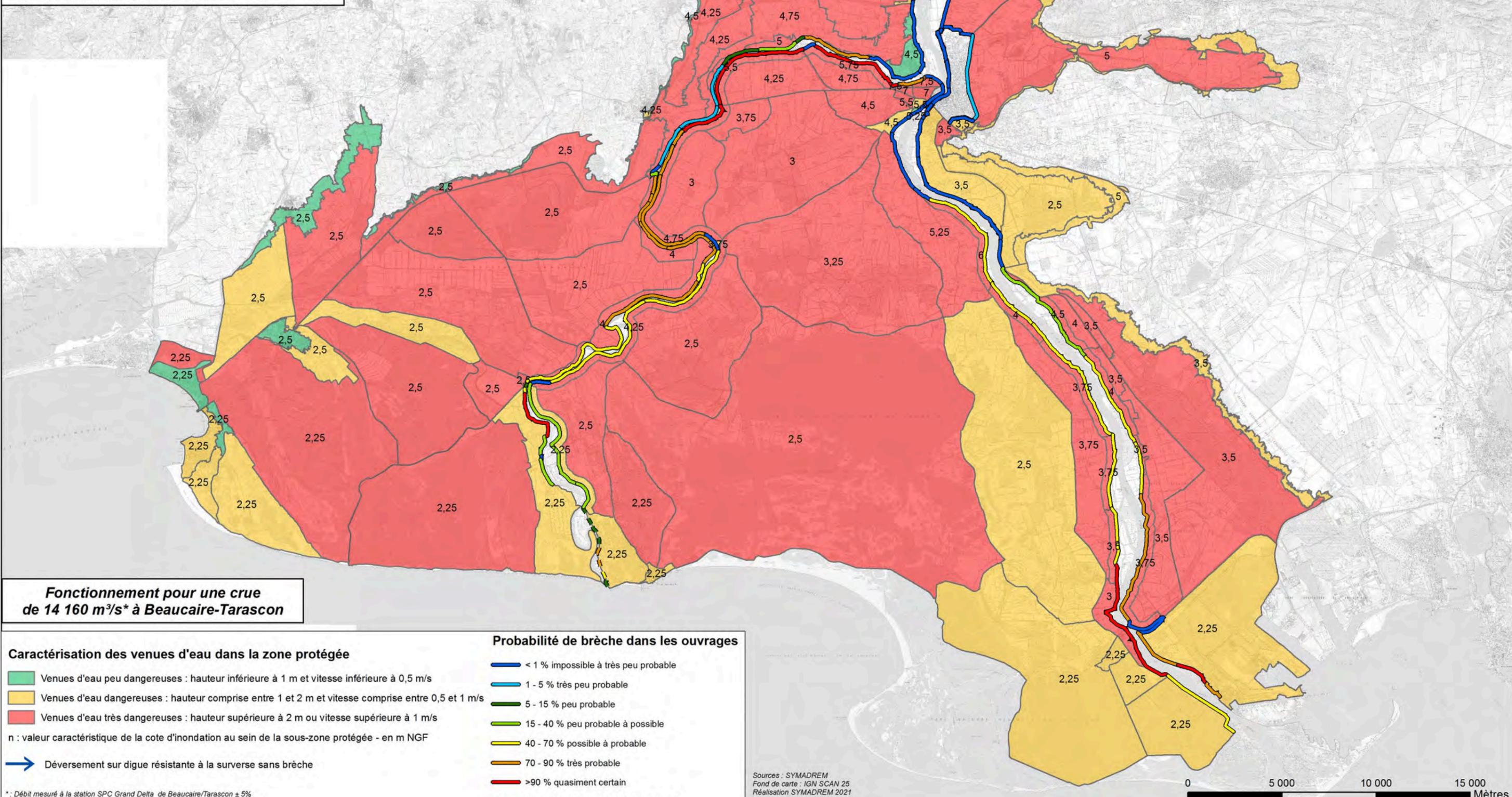
**Fonctionnement nominal
du système d'endiguement**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

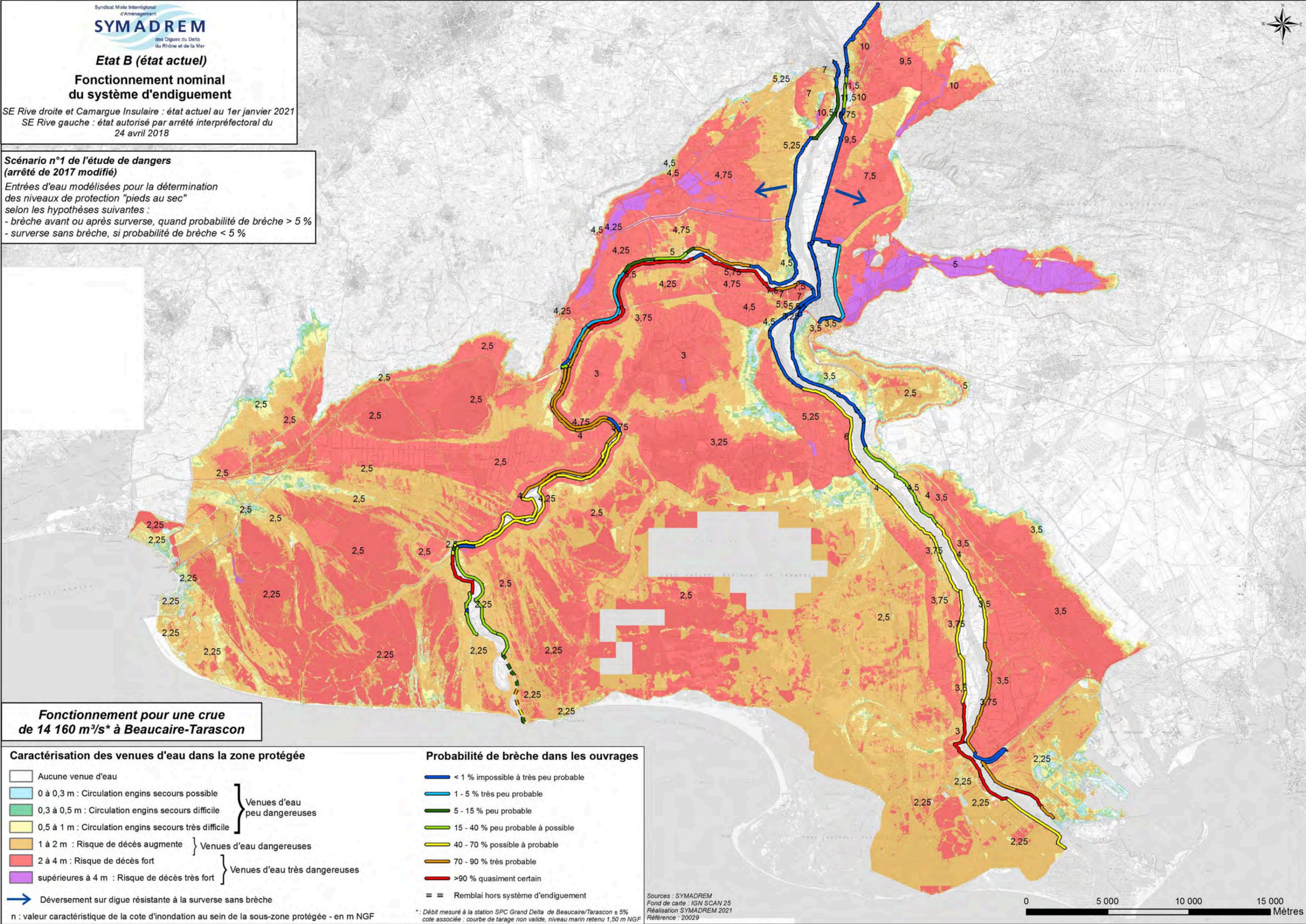
Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } Venues d'eau dangereuses |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | } Venues d'eau très dangereuses |

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- | | |
|--|--------------------------------------|
| | < 1 % impossible à très peu probable |
| | 1 - 5 % très peu probable |
| | 5 - 15 % peu probable |
| | 15 - 40 % peu probable à possible |
| | 40 - 70 % possible à probable |
| | 70 - 90 % très probable |
| | >90 % quasiment certain |
| | Remblai hors système d'endiguement |

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029



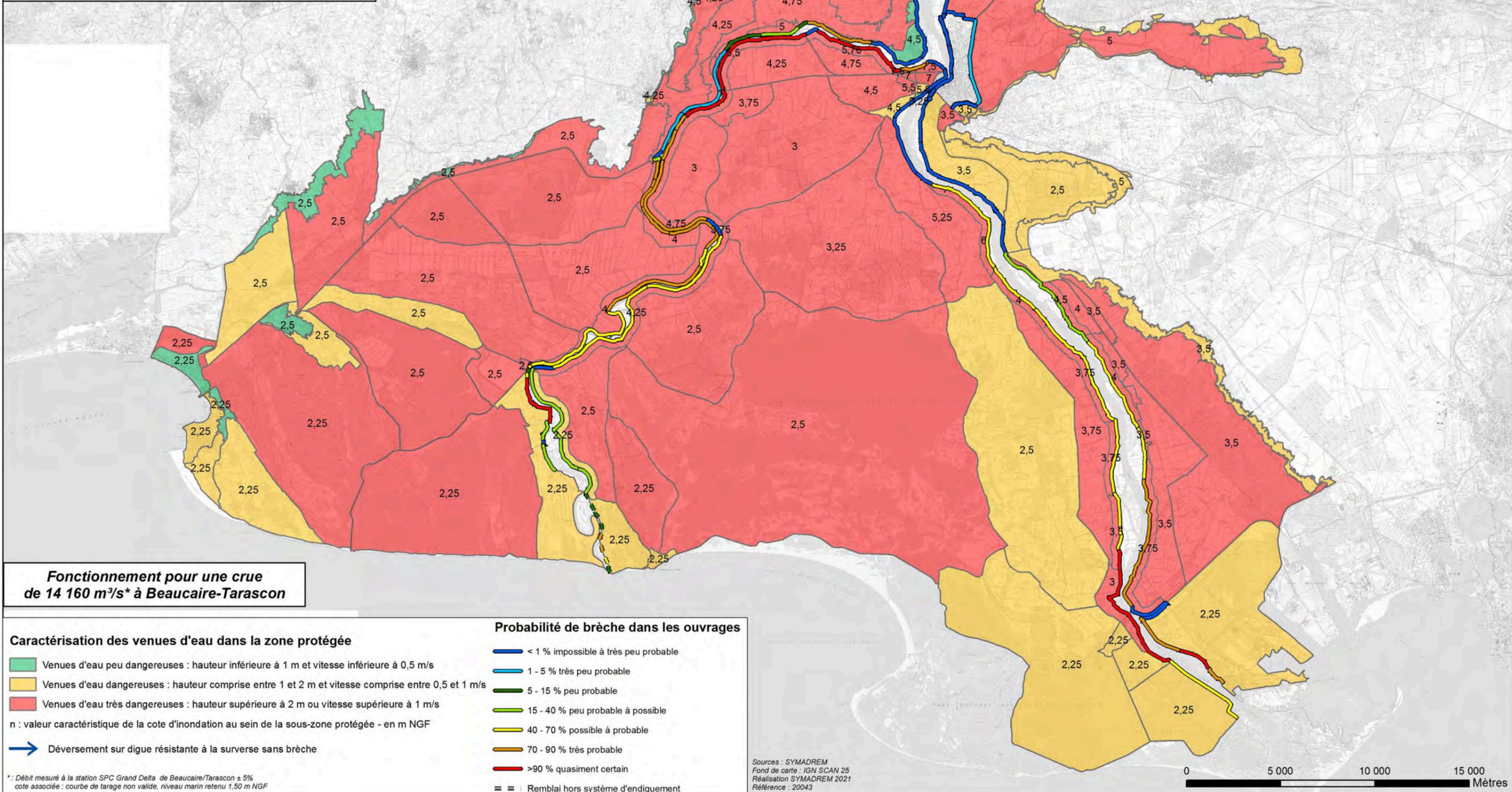
Etat B (état actuel)

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté interpréfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20043

*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF

Etat B (état actuel)

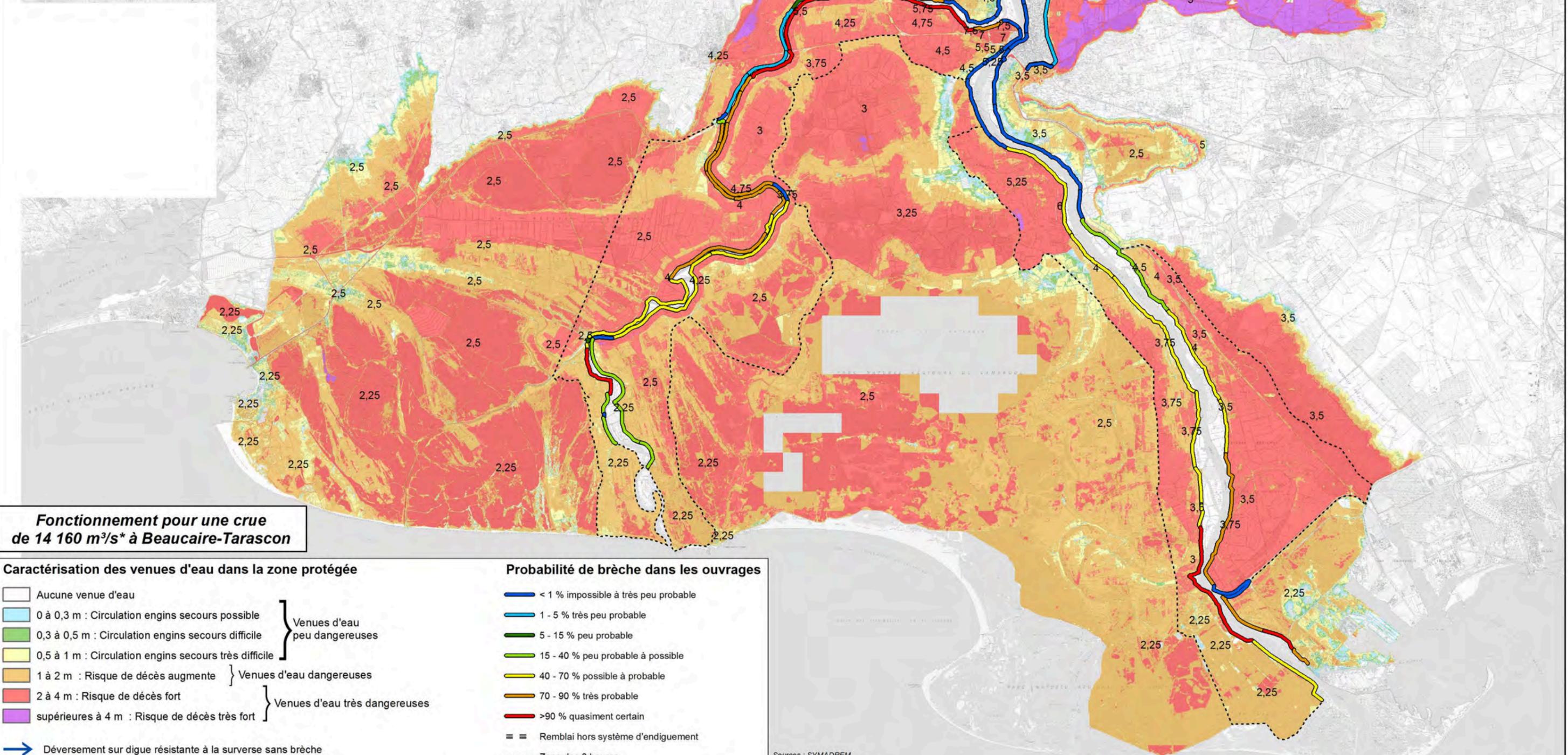
**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

SE Rive droite et Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté interpréfectoral du
24 avril 2018

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | |
|---|---------------------------------|
| □ Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| □ 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| □ 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | } Venues d'eau dangereuses |
| □ 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | |
| □ 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } Venues d'eau très dangereuses |
| □ 2 à 4 m : Risque de décès fort | |
| □ supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | |

→ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- ▬ Remblai hors système d'endiguement
- - - - Zone des 3 heures

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038

0 5 000 10 000 15 000
Mètres



ETUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 10 : Cartographie des **niveaux de protection**, définis par l'article R.214-119-1 du code de l'environnement et l'arrêté EDD de 2017 modifié, et exprimés en débit (en $m^3/s \pm 5\%$) à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

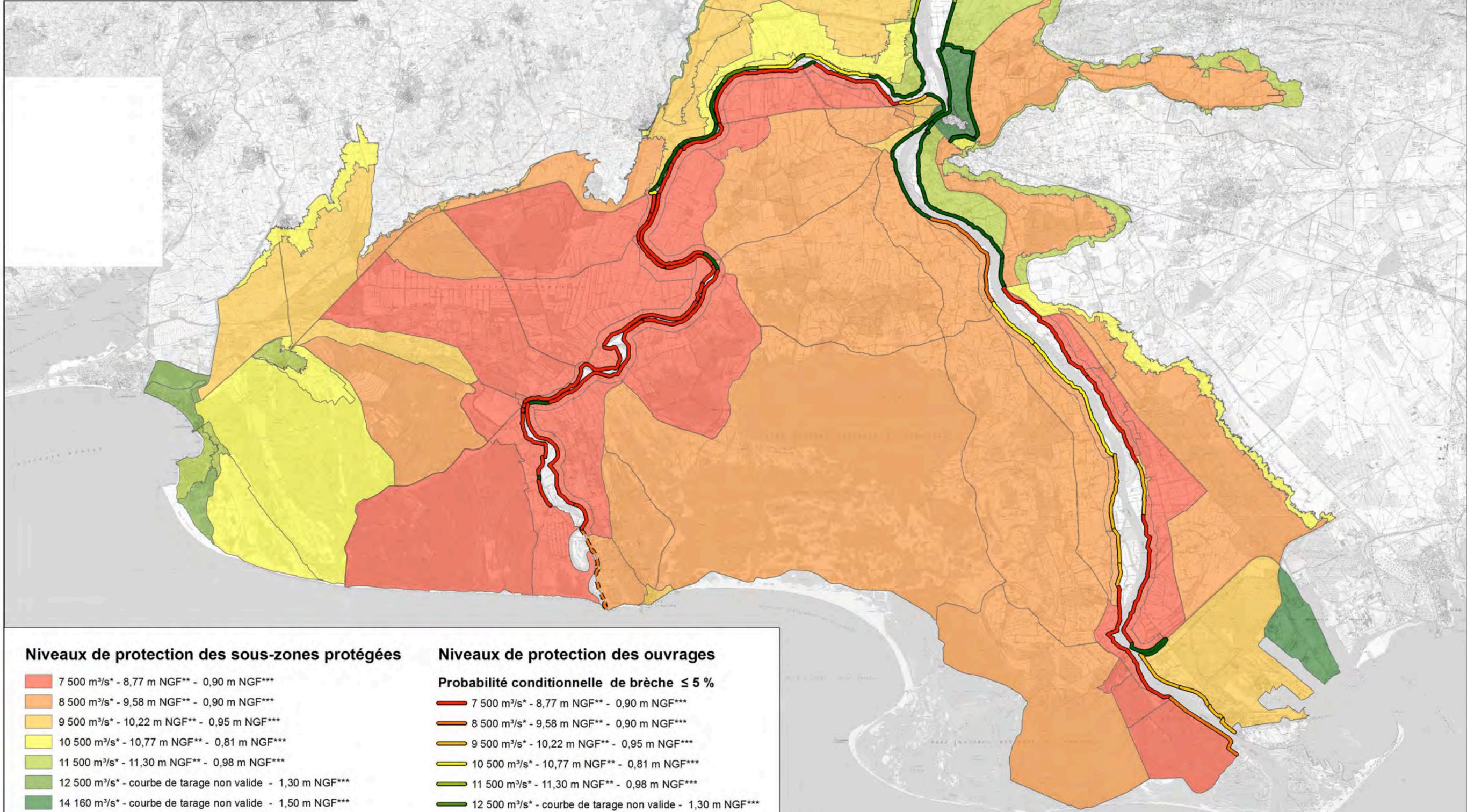
Les deux cartes en pages suivantes illustrent :

1. Les niveaux de protection exprimés en débit à la station de Beaucaire/Tarascon gérée par le service de prévision des crues grand delta. Ces niveaux « garantis pied secs » ont été déterminés à partir des cartes relatives au scénario n°1 de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de fonctionnement nominal des systèmes d'endiguement. Ces cartes figurent dans les annexes n°3 à n°9 de la présente notice. Ces niveaux tiennent uniquement compte des apports venant du Rhône. Ils ne prennent pas compte les apports d'eau pouvant venir de l'impluvium local ; d'autres cours d'eau que le Rhône ; de la Mer ou de remontées de nappe. Les scénarios de crue modélisés ont pris en compte des hypothèses de niveaux marins qui figurent dans la présente notice.
2. la même carte que la précédente avec les numéros des sous-zones protégées (cf. notice).

Etat B (état actuel)

**Niveau de protection des tronçons homogènes
des systèmes d'endiguement fluviaux
gérés par le SYMADREM
et des sous-zones protégées**

SE Rive droite : état actuel au 1er janvier 2021
SE Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté interpréfectoral
du 24 avril 2018



Niveaux de protection des sous-zones protégées

- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
- 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
- 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
- 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
- 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***

Niveaux de protection des ouvrages

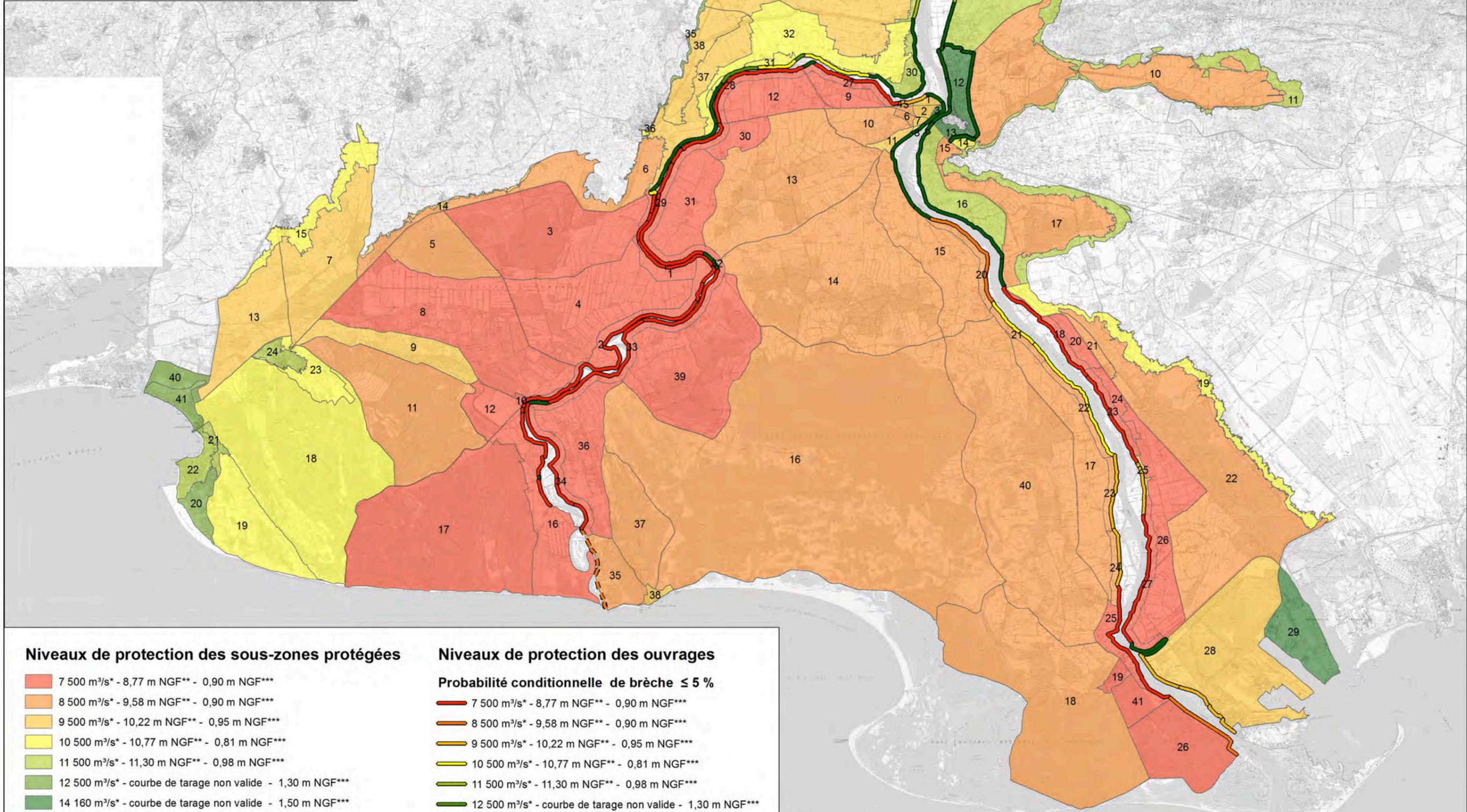
- Probabilité conditionnelle de brèche ≤ 5 %**
- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
 - 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
 - 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
 - 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
 - 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***
 - Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
** : Cote associée (IGN 69) selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 07/12/2013 ± 10 cm
*** : Niveau marin (IGN 69) retenu pour la modélisation ± 10 cm

Etat B (état actuel)

**Niveau de protection des tronçons homogènes
des systèmes d'endiguement fluviaux
gérés par le SYMADREM
et des sous-zones protégées**

SE Rive droite : état actuel au 1er janvier 2021
SE Camargue Insulaire : état actuel au 1er janvier 2021
SE Rive gauche : état autorisé par arrêté inter-préfectoral
du 24 avril 2018



Niveaux de protection des sous-zones protégées

- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
- 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
- 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
- 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
- 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***

Niveaux de protection des ouvrages

- Probabilité conditionnelle de brèche ≤ 5 %**
- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
 - 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
 - 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
 - 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
 - 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***
 - Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
** : Cote associée (IGN 69) selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 07/12/2013 ± 10 cm
*** : Niveau marin (IGN 69) retenu pour la modélisation ± 10 cm

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20022





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 11 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **11 500 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon après rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

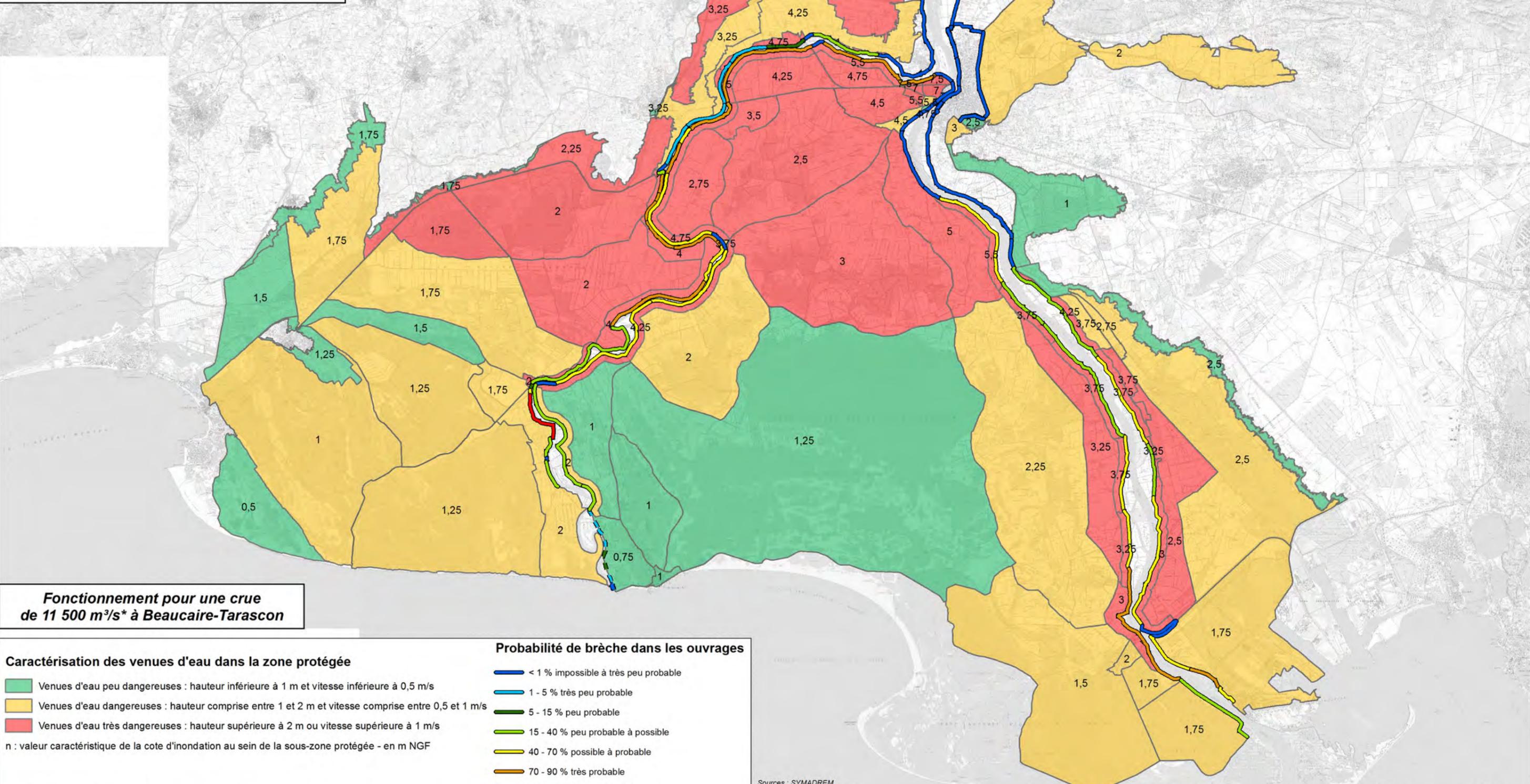
**Fonctionnement nominal
du système d'endiguement**



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021

*: Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 11,30 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,98 m NGF

**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

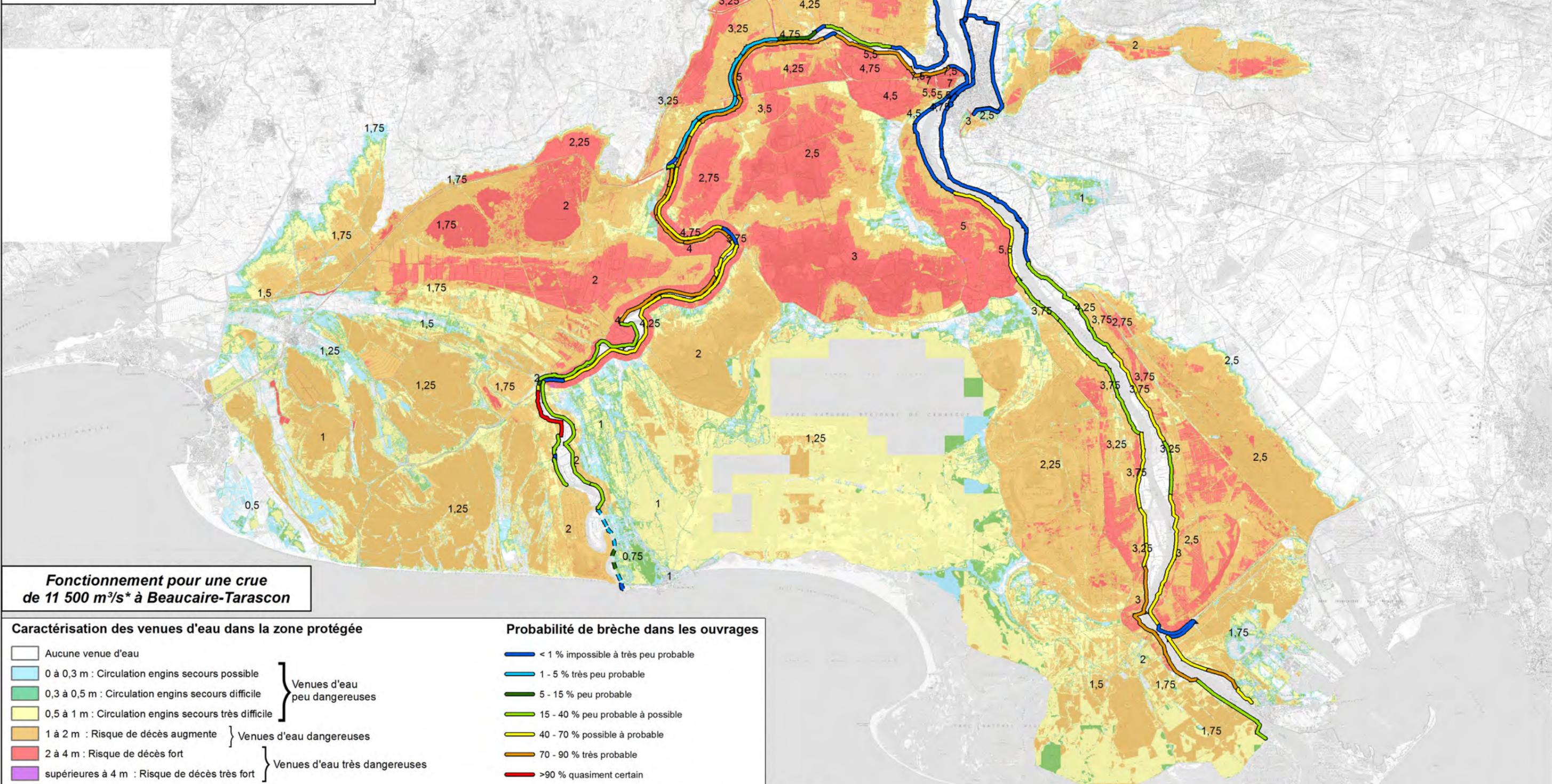
**Fonctionnement nominal
du système d'endiguement**



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | | |
|--|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Aucune venue d'eau | } | Venues d'eau
peu dangereuses | |
| 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | | | |
| 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | | | |
| 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | | | |
| 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } | Venues d'eau dangereuses | |
| 2 à 4 m : Risque de décès fort | | | |
| supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | | | |
| | | } | Venues d'eau très dangereuses |

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 11,30 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,98 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029

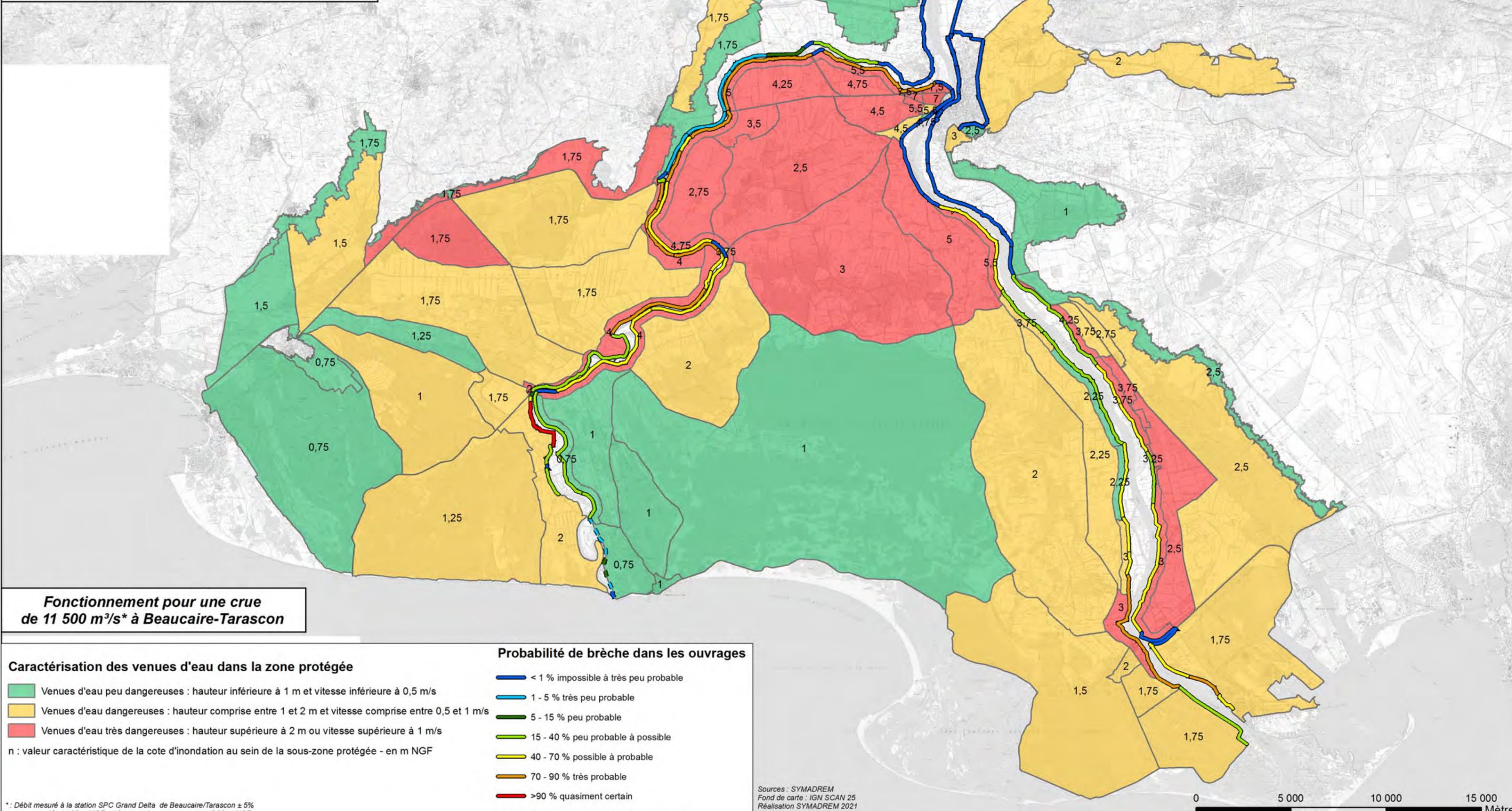


**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 11,30 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,98 m NGF



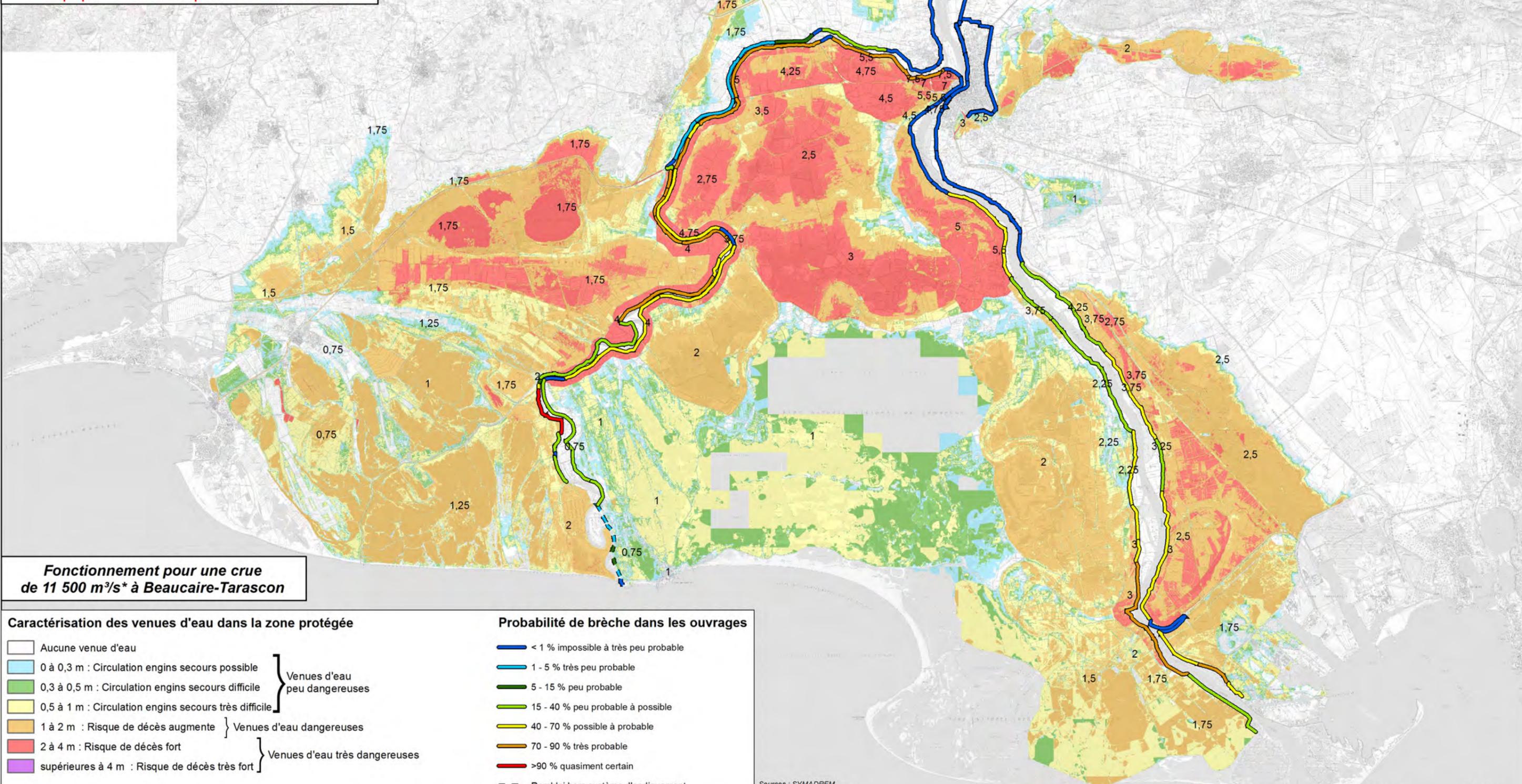
**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	

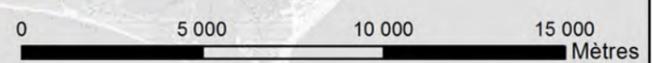
Probabilité de brèche dans les ouvrages

	< 1 % impossible à très peu probable
	1 - 5 % très peu probable
	5 - 15 % peu probable
	15 - 40 % peu probable à possible
	40 - 70 % possible à probable
	70 - 90 % très probable
	>90 % quasiment certain
	Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée 11,30 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,98 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038





ETUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 12 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **12 500 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon après rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).

On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

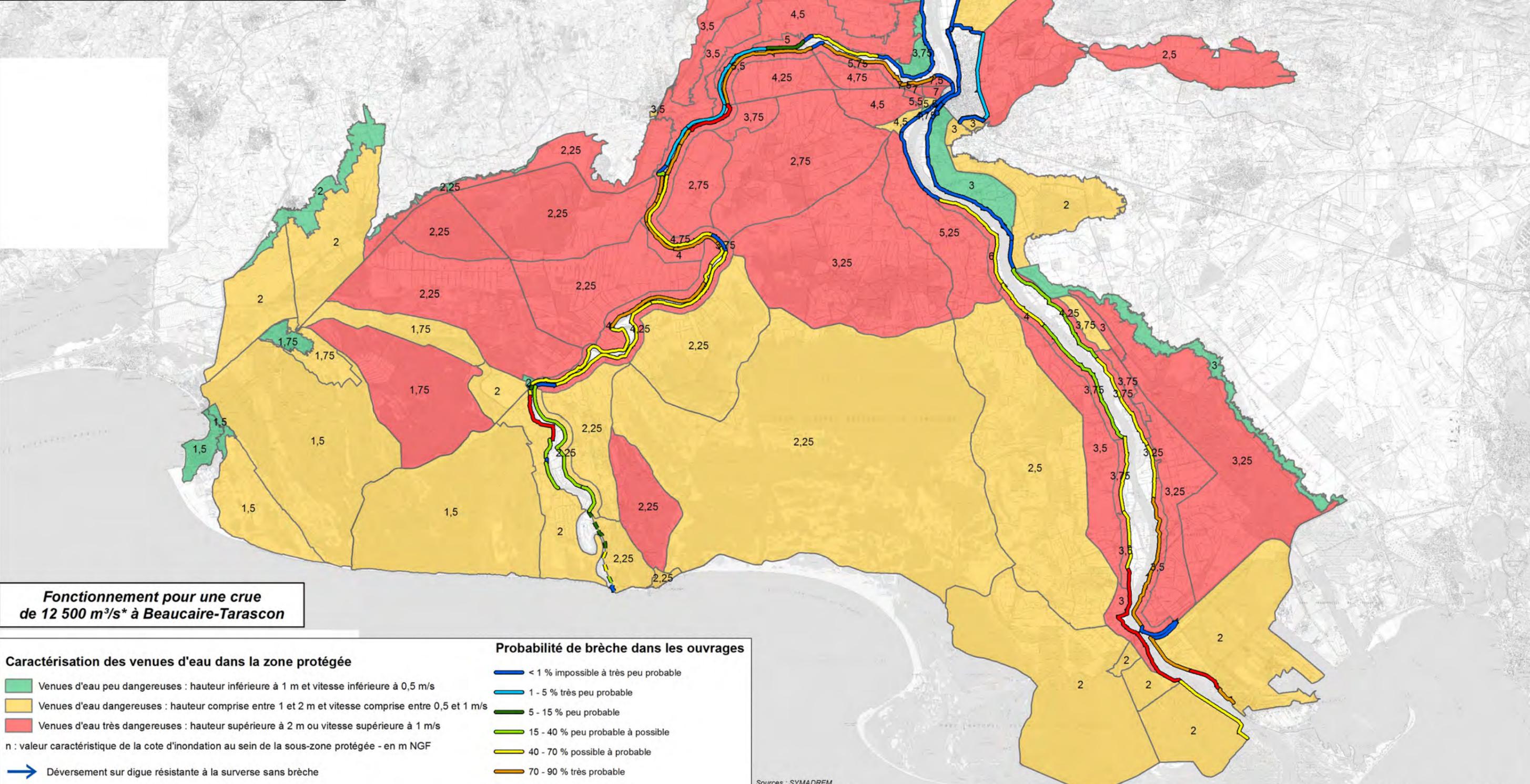
**Fonctionnement nominal
du système d'endiguement**



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,30 m NGF

**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

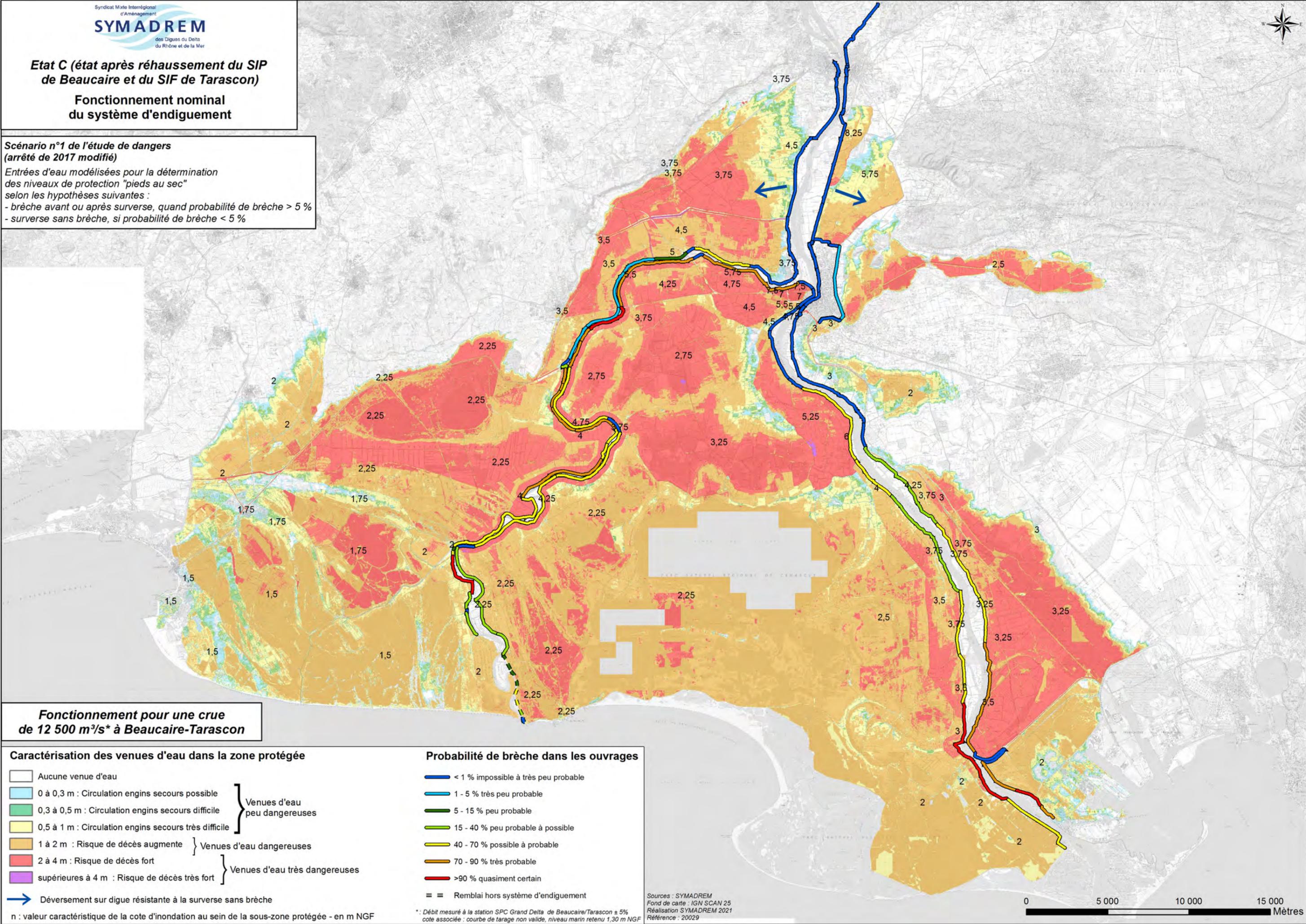
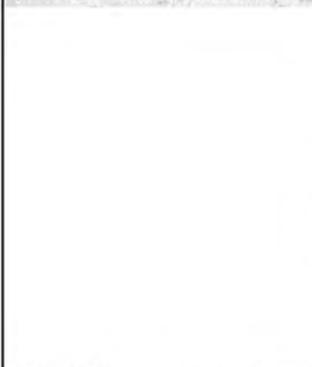
**Fonctionnement nominal
du système d'endiguement**



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Aucune venue d'eau
 - 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible
 - 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile
 - 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile
 - 1 à 2 m : Risque de décès augmente
 - 2 à 4 m : Risque de décès fort
 - supérieures à 4 m : Risque de décès très fort
- } Venues d'eau peu dangereuses
- } Venues d'eau dangereuses
- } Venues d'eau très dangereuses

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- ▬ Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,30 m NGF

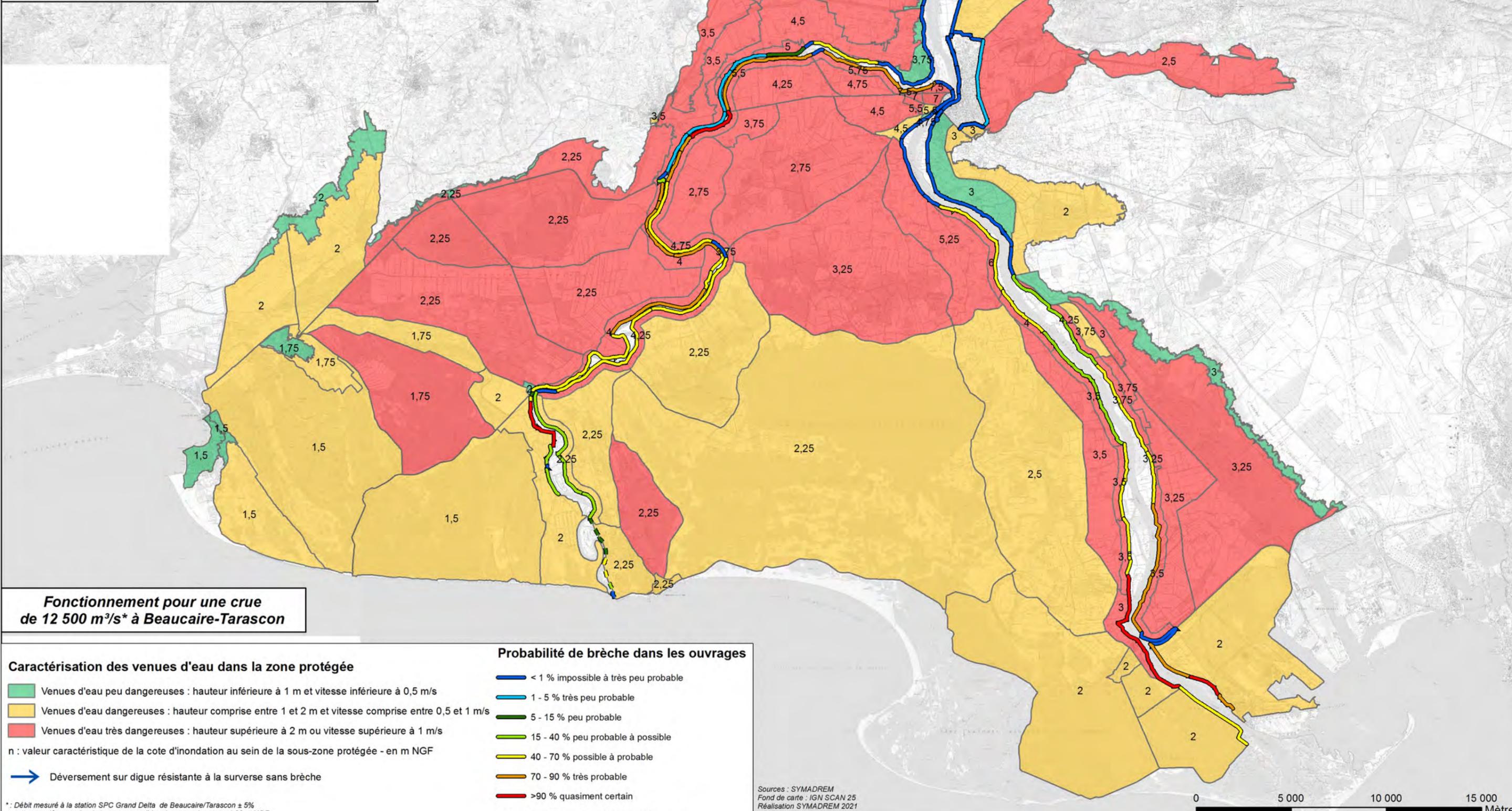
0 5 000 10 000 15 000
Mètres

**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,30 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20043



**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %

adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

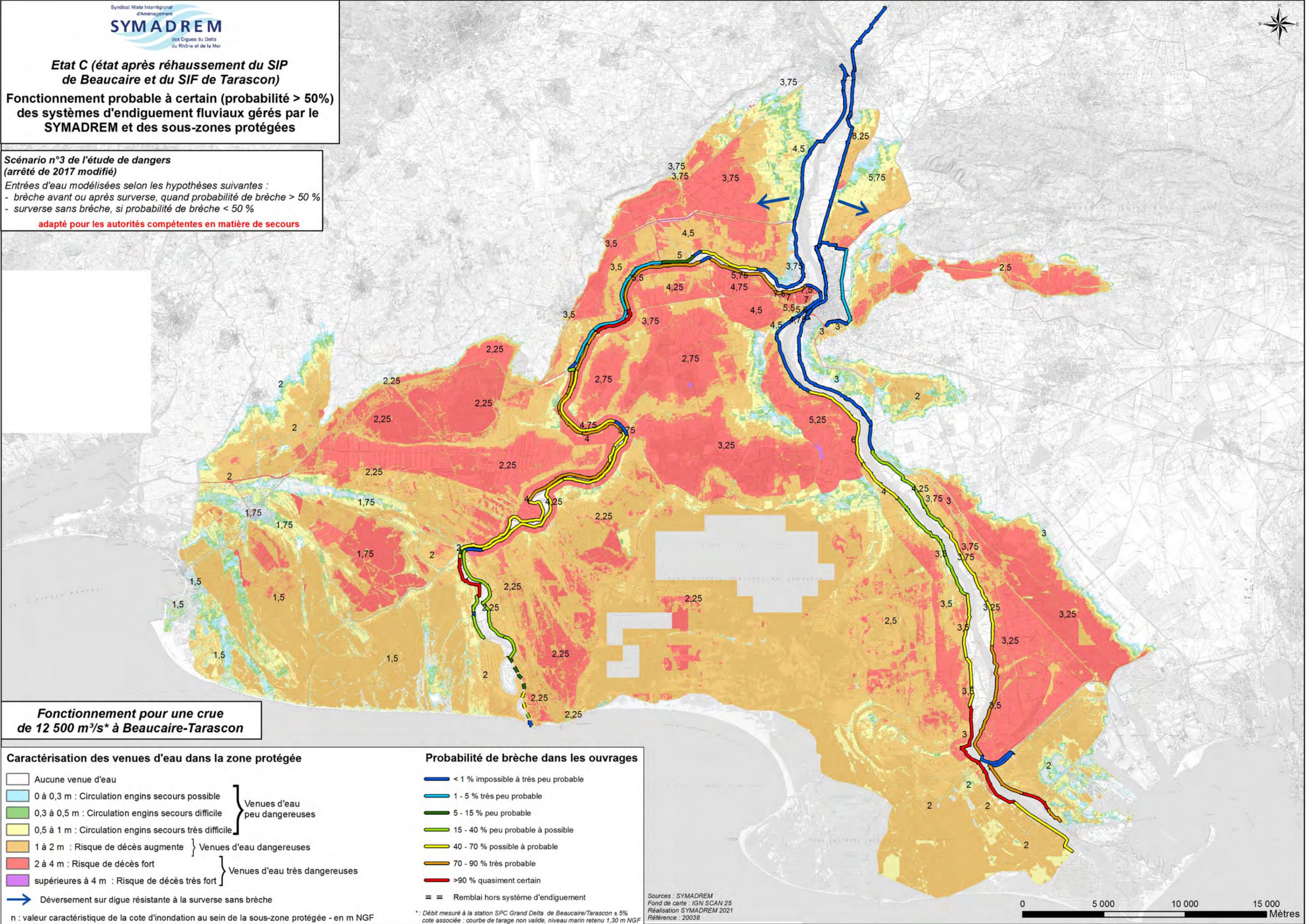
- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } Venues d'eau dangereuses |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | } Venues d'eau très dangereuses |
- Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

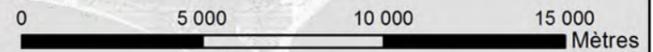
Probabilité de brèche dans les ouvrages

- | | |
|--|--------------------------------------|
| | < 1 % impossible à très peu probable |
| | 1 - 5 % très peu probable |
| | 5 - 15 % peu probable |
| | 15 - 40 % peu probable à possible |
| | 40 - 70 % possible à probable |
| | 70 - 90 % très probable |
| | >90 % quasiment certain |
| | Remblai hors système d'endiguement |

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,30 m NGF



Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038





ÉTUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 13 : Cartographie relative aux fonctionnements respectivement **nominal** et **probable à certain** pour une crue de **14 160 m³/s ± 5 %** à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon après rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon

Les quatre cartes en pages suivantes illustrent successivement :

- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°1** de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de **fonctionnement nominal** des systèmes d'endiguement en périodes de crues. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **5 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **5 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.
- la synthèse des scénarios d'inondation par brèches et/ou par surverse retenus pour caractériser le **scénario n°3** de l'arrêté EDD de 2017 modifié relatif au **fonctionnement probable à certain** des systèmes d'endiguement en périodes de crues à destination des services de secours aux personnes. Conformément à la réglementation :
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est inférieure ou égale à **50 %**, soit la crue est déversante et des entrées d'eau par surverse (surverse sans brèche) ont été modélisées ; soit la crue n'est pas déversante et aucune entrée d'eau n'a été prise en compte.
 - si la probabilité de brèche du tronçon de digue est supérieure à **50 %**, des entrées d'eau par brèche ont été modélisées, que le niveau du fleuve soit en dessous de la crête de digue (brèche avant surverse) ou au-dessus de la crête de digue (brèche après surverse).On peut y distinguer les zones hors d'eau et donc protégées pour cette gamme de crue et les zones de venues d'eau avec leur qualification (peu dangereuse, dangereuse, très dangereuse) et la cote d'inondation caractéristique de la sous-zone protégée (en m NGF). Cette dernière est indiquée par intervalle de 25 cm, compte tenu des incertitudes entachant cette valeur.
- la même carte que la précédente, illustrant les hauteurs d'eau calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation précitée. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation.

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».

**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

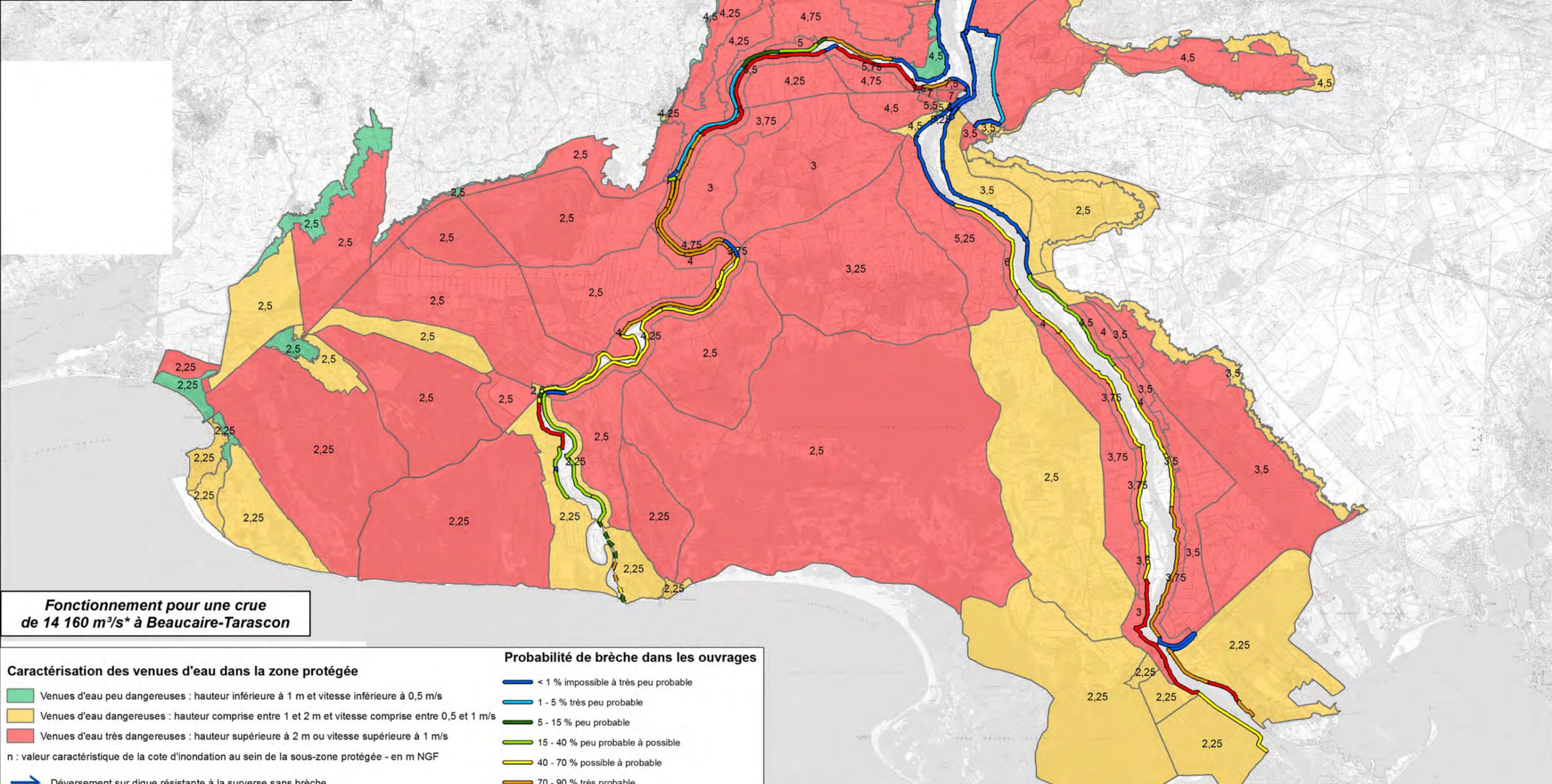
**Fonctionnement nominal
du système d'endiguement**



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20021

0 5 000 10 000 15 000
Mètres

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF

**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

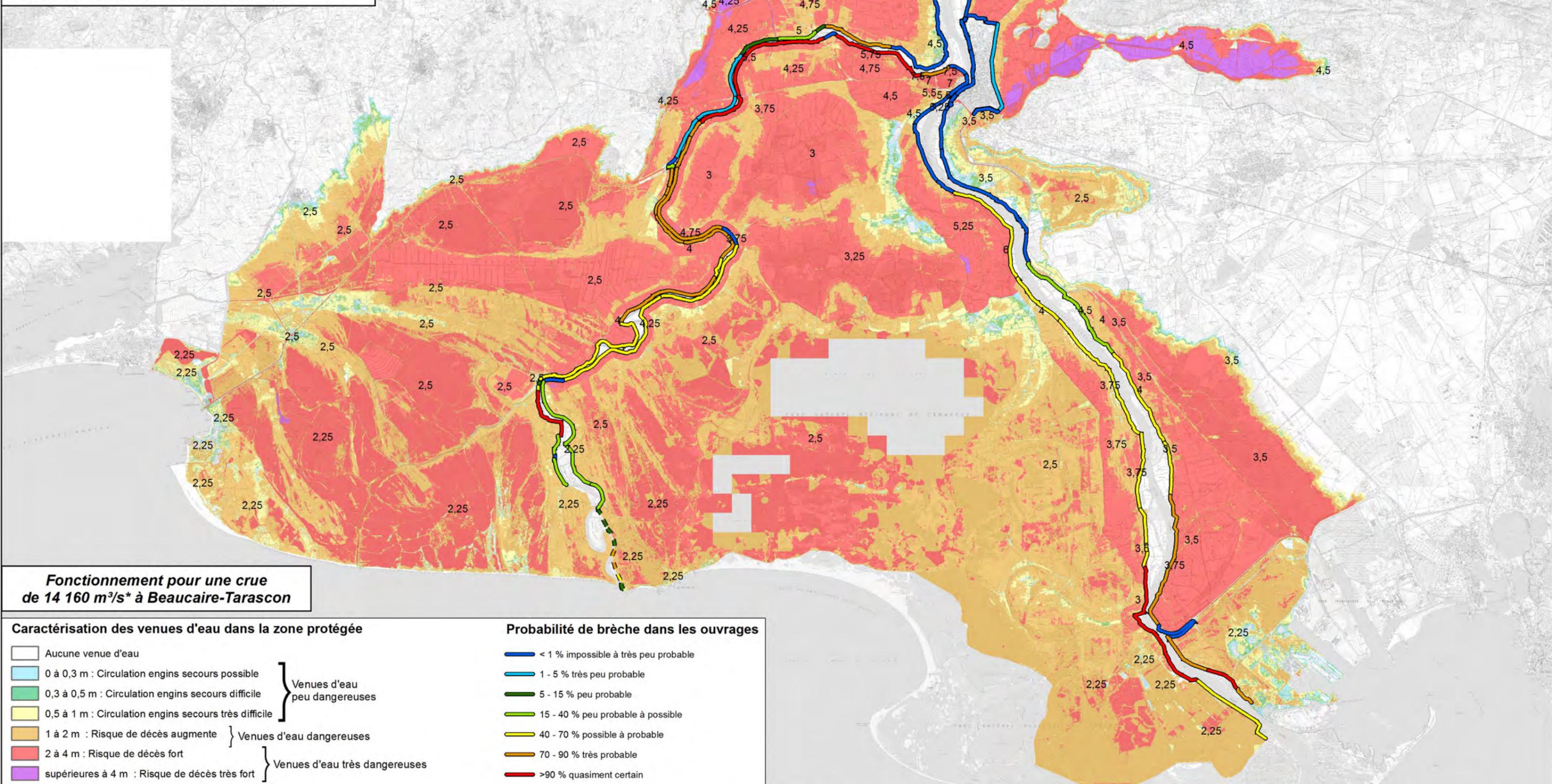
**Fonctionnement nominal
du système d'endiguement**



**Scénario n°1 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées pour la détermination
des niveaux de protection "pieds au sec"
selon les hypothèses suivantes :

- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 5 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 5 %



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | |
|---|---------------------------------|
| □ Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| □ 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| □ 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| □ 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | |
| □ 1 à 2 m : Risque de décès augmente | } Venues d'eau dangereuses |
| □ 2 à 4 m : Risque de décès fort | |
| □ supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | } Venues d'eau très dangereuses |

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- ▬ Remblai hors système d'endiguement

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20029

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF

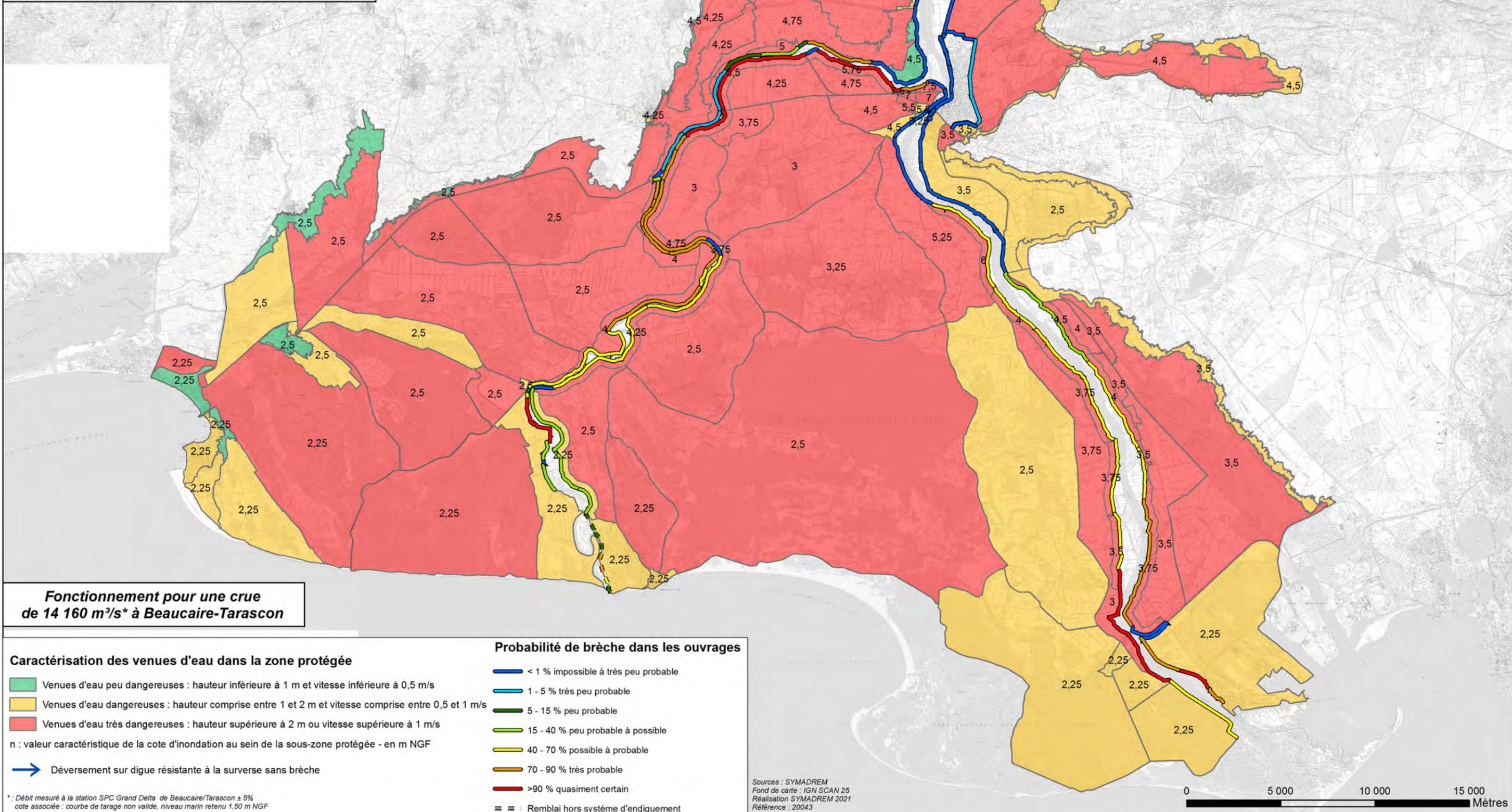


**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

**Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées**

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**

Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Venues d'eau peu dangereuses : hauteur inférieure à 1 m et vitesse inférieure à 0,5 m/s
- Venues d'eau dangereuses : hauteur comprise entre 1 et 2 m et vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s
- Venues d'eau très dangereuses : hauteur supérieure à 2 m ou vitesse supérieure à 1 m/s

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

Probabilité de brèche dans les ouvrages

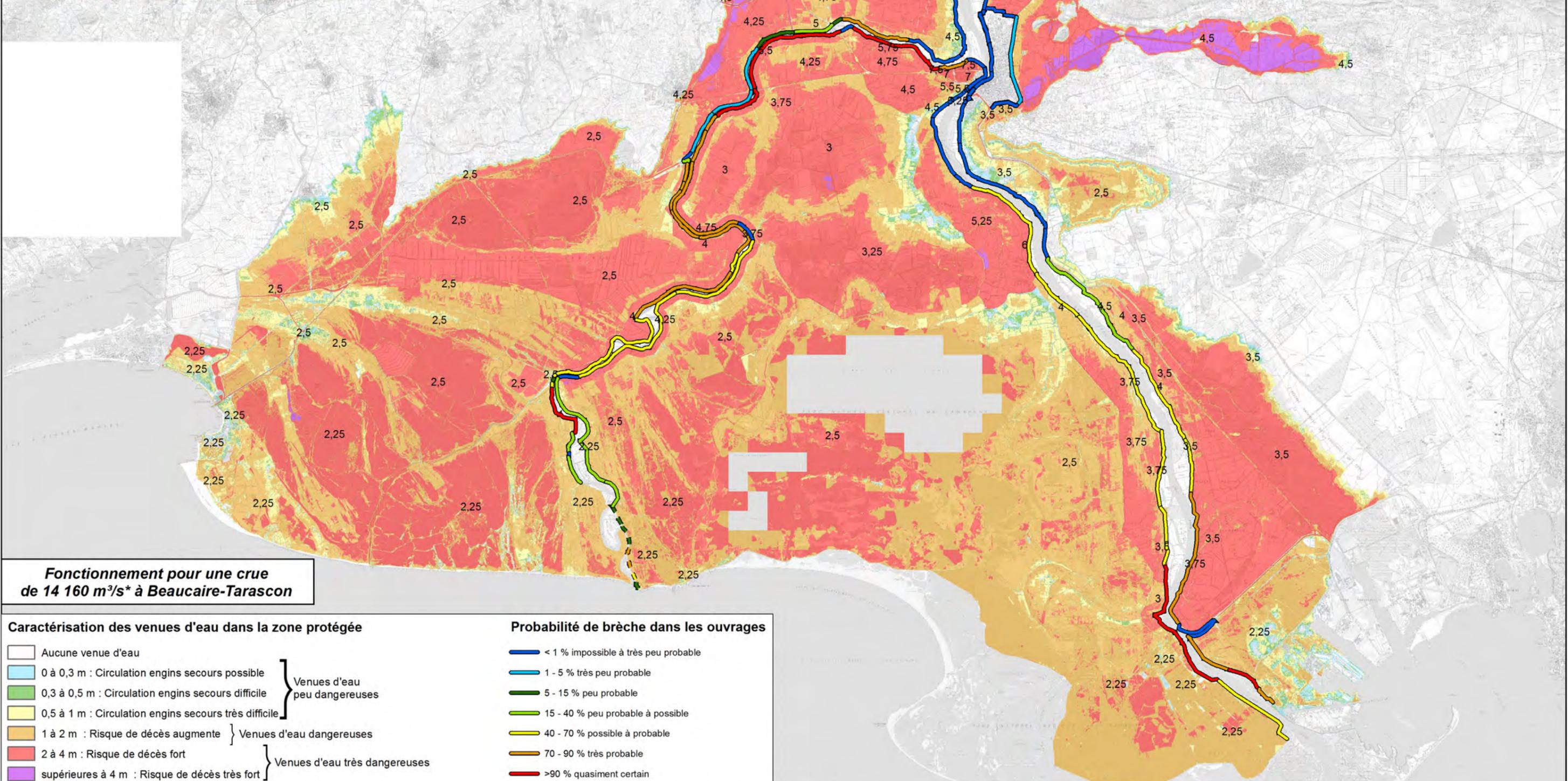
- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF



**Etat C (état après réhaussement du SIP
de Beaucaire et du SIF de Tarascon)**
Fonctionnement probable à certain (probabilité > 50%)
des systèmes d'endiguement fluviaux gérés par le
SYMADREM et des sous-zones protégées

**Scénario n°3 de l'étude de dangers
(arrêté de 2017 modifié)**
Entrées d'eau modélisées selon les hypothèses suivantes :
- brèche avant ou après surverse, quand probabilité de brèche > 50 %
- surverse sans brèche, si probabilité de brèche < 50 %
adapté pour les autorités compétentes en matière de secours



**Fonctionnement pour une crue
de 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- Aucune venue d'eau
 - 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible
 - 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile
 - 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile
 - 1 à 2 m : Risque de décès augmente
 - 2 à 4 m : Risque de décès fort
 - supérieures à 4 m : Risque de décès très fort
- } Venues d'eau peu dangereuses
- } Venues d'eau dangereuses
- } Venues d'eau très dangereuses
- ➔ Déversement sur digue résistante à la surverse sans brèche

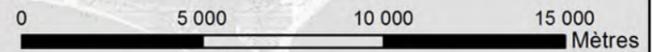
Probabilité de brèche dans les ouvrages

- < 1 % impossible à très peu probable
- 1 - 5 % très peu probable
- 5 - 15 % peu probable
- 15 - 40 % peu probable à possible
- 40 - 70 % possible à probable
- 70 - 90 % très probable
- >90 % quasiment certain
- Remblai hors système d'endiguement

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la sous-zone protégée - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
cote associée : courbe de tarage non valide, niveau marin retenu 1,50 m NGF

Sources : SYMADREM
Fond de carte : IGN SCAN 25
Réalisation SYMADREM 2021
Référence : 20038





ETUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

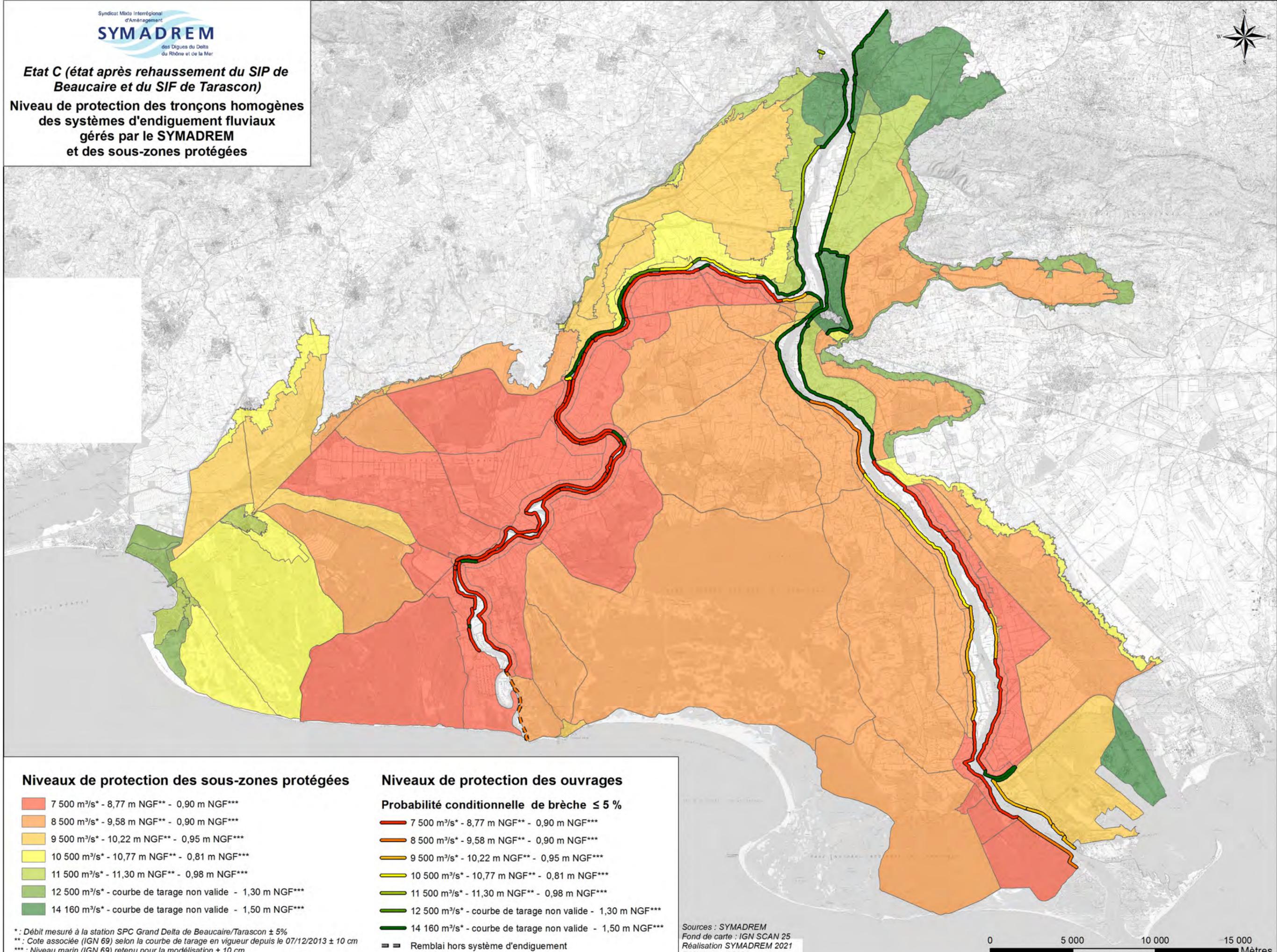
ANNEXE 14 : Cartographie des niveaux de protection, définis par l'article R.214-119-1 du code de l'environnement et l'arrêté EDD de 2017 modifié, et exprimés en débit (en $m^3/s \pm 5\%$) à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon après rehaussement du SIP de Beaucaire et du SIF de Tarascon

Les deux cartes en pages suivantes illustrent :

1. Les niveaux de protection exprimés en débit à la station de Beaucaire/Tarascon gérée par le service de prévision des crues grand delta. Ces niveaux « garantis pied secs » ont été déterminés à partir des cartes relatives au scénario n°1 de l'arrêté EDD de 2017 modifié, dit de fonctionnement nominal des systèmes d'endiguement. Ces cartes figurent dans les annexes n°3 à n°9 de la présente notice. Ces niveaux tiennent uniquement compte des apports venant du Rhône. Ils ne prennent pas compte les apports d'eau pouvant venir de l'impluvium local ; d'autres cours d'eau que le Rhône ; de la Mer ou de remontées de nappe. Les scénarios de crue modélisés ont pris en compte des hypothèses de niveaux marins qui figurent dans la présente notice.
2. la même carte que la précédente avec les numéros des sous-zones protégées (cf. notice).

**Etat C (état après rehaussement du SIP de
Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

**Niveau de protection des tronçons homogènes
des systèmes d'endiguement fluviaux
gérés par le SYMADREM
et des sous-zones protégées**



Niveaux de protection des sous-zones protégées

- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
- 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
- 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
- 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
- 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***

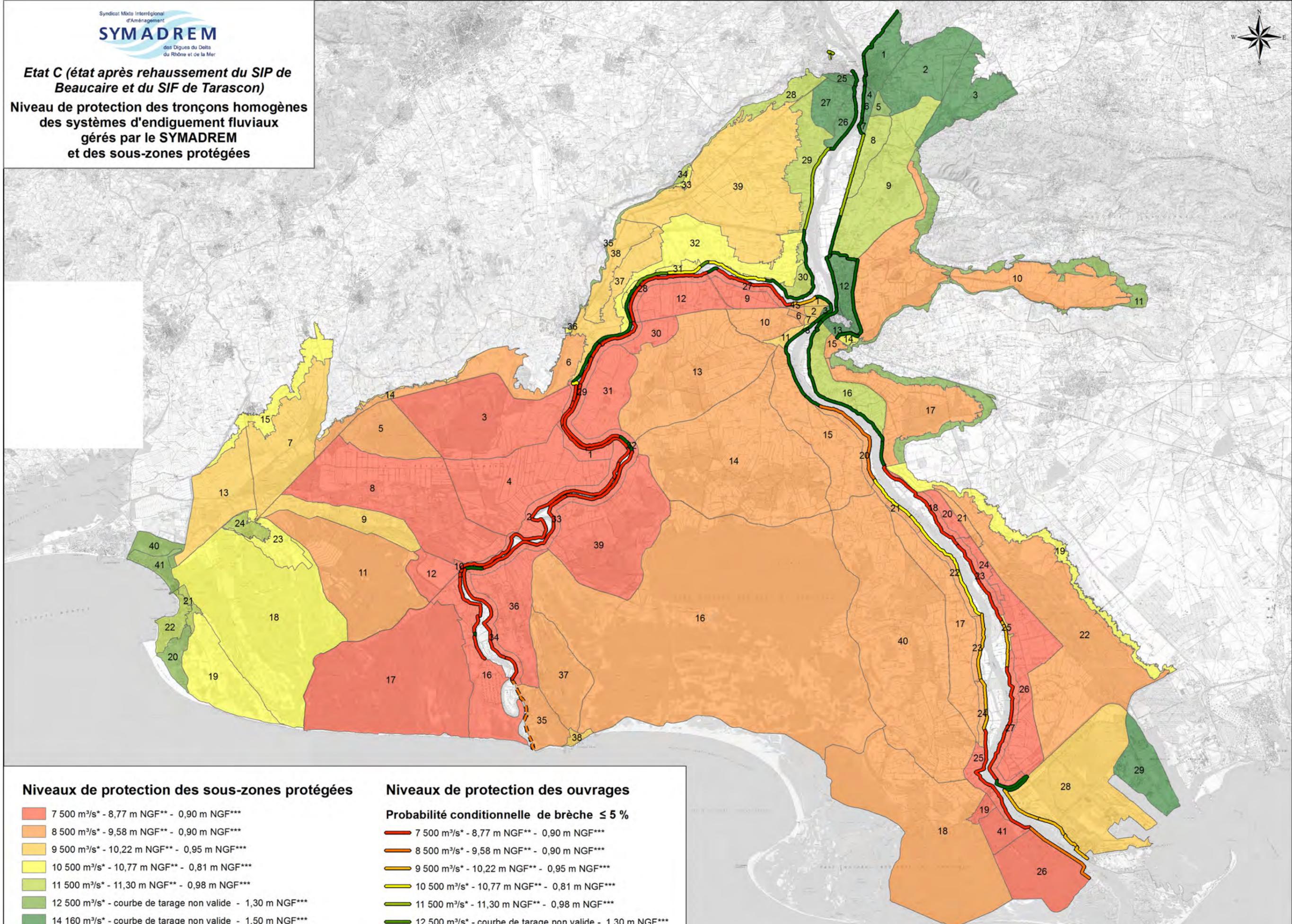
Niveaux de protection des ouvrages

- Probabilité conditionnelle de brèche ≤ 5 %**
- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
 - 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
 - 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
 - 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
 - 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***
 - Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
 ** : Cote associée (IGN 69) selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 07/12/2013 ± 10 cm
 *** : Niveau marin (IGN 69) retenu pour la modélisation ± 10 cm

**Etat C (état après rehaussement du SIP de
Beaucaire et du SIF de Tarascon)**

**Niveau de protection des tronçons homogènes
des systèmes d'endiguement fluviaux
gérés par le SYMADREM
et des sous-zones protégées**



Niveaux de protection des sous-zones protégées

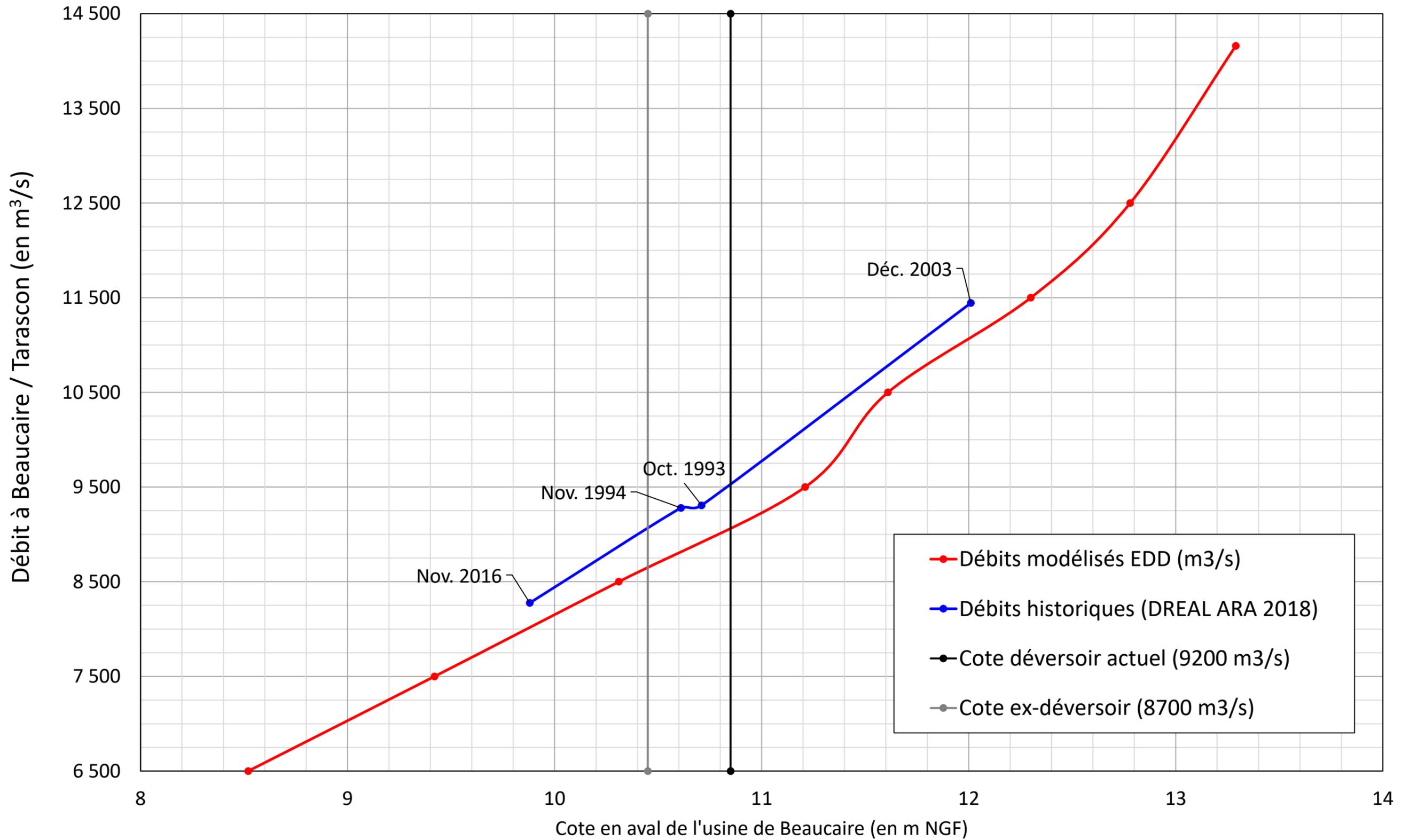
- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
- 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
- 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
- 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
- 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***

Niveaux de protection des ouvrages

- Probabilité conditionnelle de brèche ≤ 5 %**
- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
 - 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
 - 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
 - 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
 - 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
 - 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***
 - Remblai hors système d'endiguement

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
 ** : Cote associée (IGN 69) selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 07/12/2013 ± 10 cm
 *** : Niveau marin (IGN 69) retenu pour la modélisation ± 10 cm

Annexe 15 : niveaux observés et modélisés au droit du déversoir de Boulbon





FONCTIONNEMENT DU DEVERSOIR DE BOULBON

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours

ANNEXE 16 : Cartographie relative à l'inondation de la plaine de Boulbon commandée par le déversoir de Boulbon, pour des crues comprises entre 8 500 m³/s et 14 160 m³/s ± 5 % à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon

Les six cartes en pages suivantes illustrent, pour des débits respectivement de 8 500 ; 9 500 ; 10 500 ; 11 500 ; 12 500 et 14 160 m³/s à Beaucaire/ Tarascon, le fonctionnement hydraulique de la plaine de Boulbon.

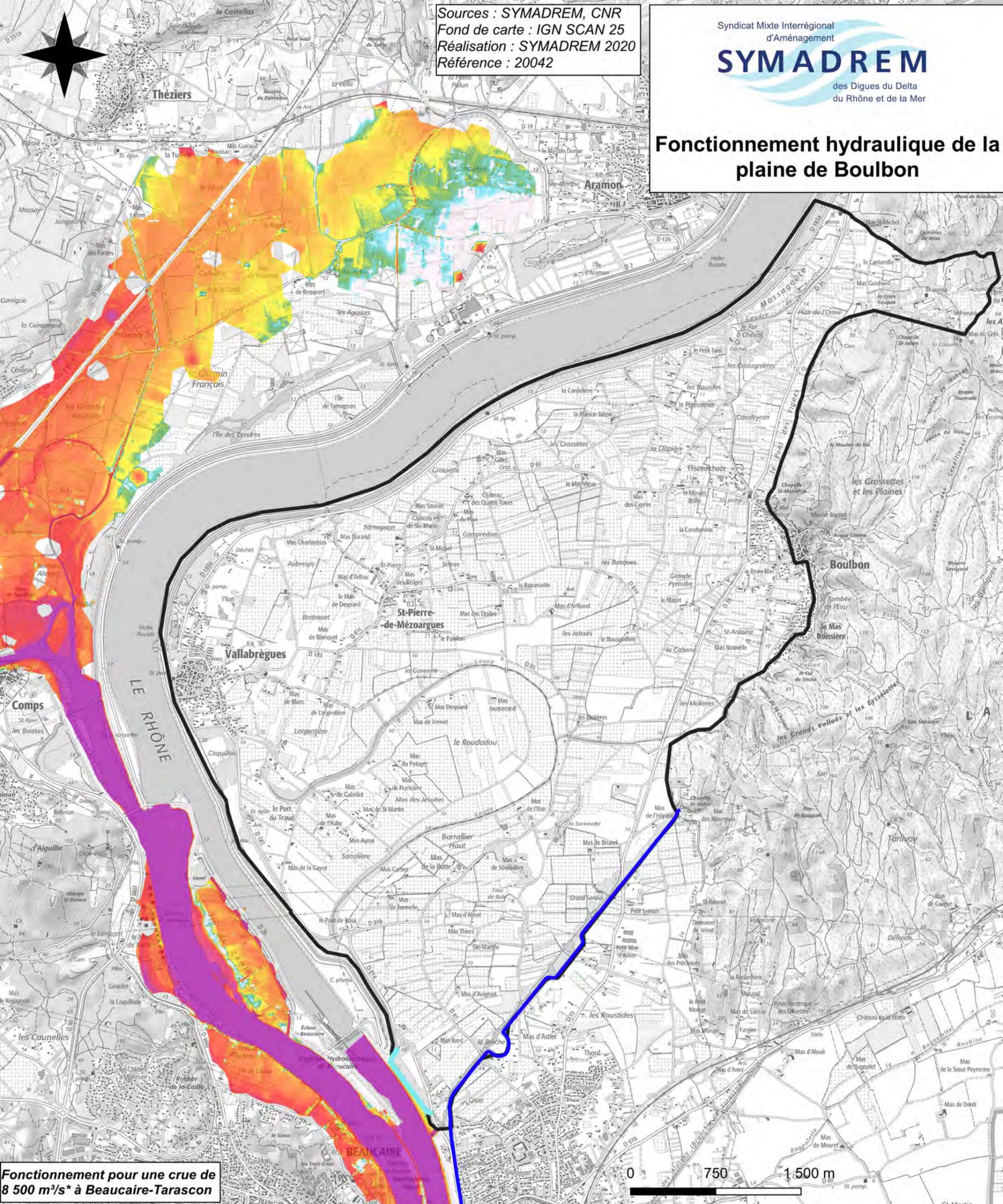
L'inondation de la plaine est commandée par un déversoir créé au moment des aménagements de la CNR dans années 70. Ce dernier a été rehaussé de 40 cm en 2020 par le SYMADREM au titre des mesures d'annulation et de réduction de l'impact hydraulique de la digue construite entre Tarascon et Arles.

Dans ces modélisations, il est supposé que la probabilité de brèche dans les barrages de la CNR situés en amont du déversoir est très faible, voire quasiment impossible jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône (14 160 m³/s à Beaucaire/Tarascon).

Les hauteurs d'eau ont été calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation (en m NGF) issue du modèle développé par la CNR pour le compte du SYMADREM. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation relative aux études de dangers des systèmes d'endiguement.

Sources : SYMADREM, CNR
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Fonctionnement hydraulique de la plaine de Boulbon



**Fonctionnement pour une crue de
 8 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon**

- Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée**
- Aucune venue d'eau
 - 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible
 - 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile
 - 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile
 - 1 à 2 m : Risque de décès augmente
 - 2 à 4 m : Risque de décès fort
 - supérieures à 4 m : Risque de décès très fort
- } Venues d'eau peu dangereuses
- } Venues d'eau dangereuses
- } Venues d'eau très dangereuses

- Plaine de Boulbon
- Système d'endiguement Rive gauche
- Déversoir de Boulbon

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,95 m NGF

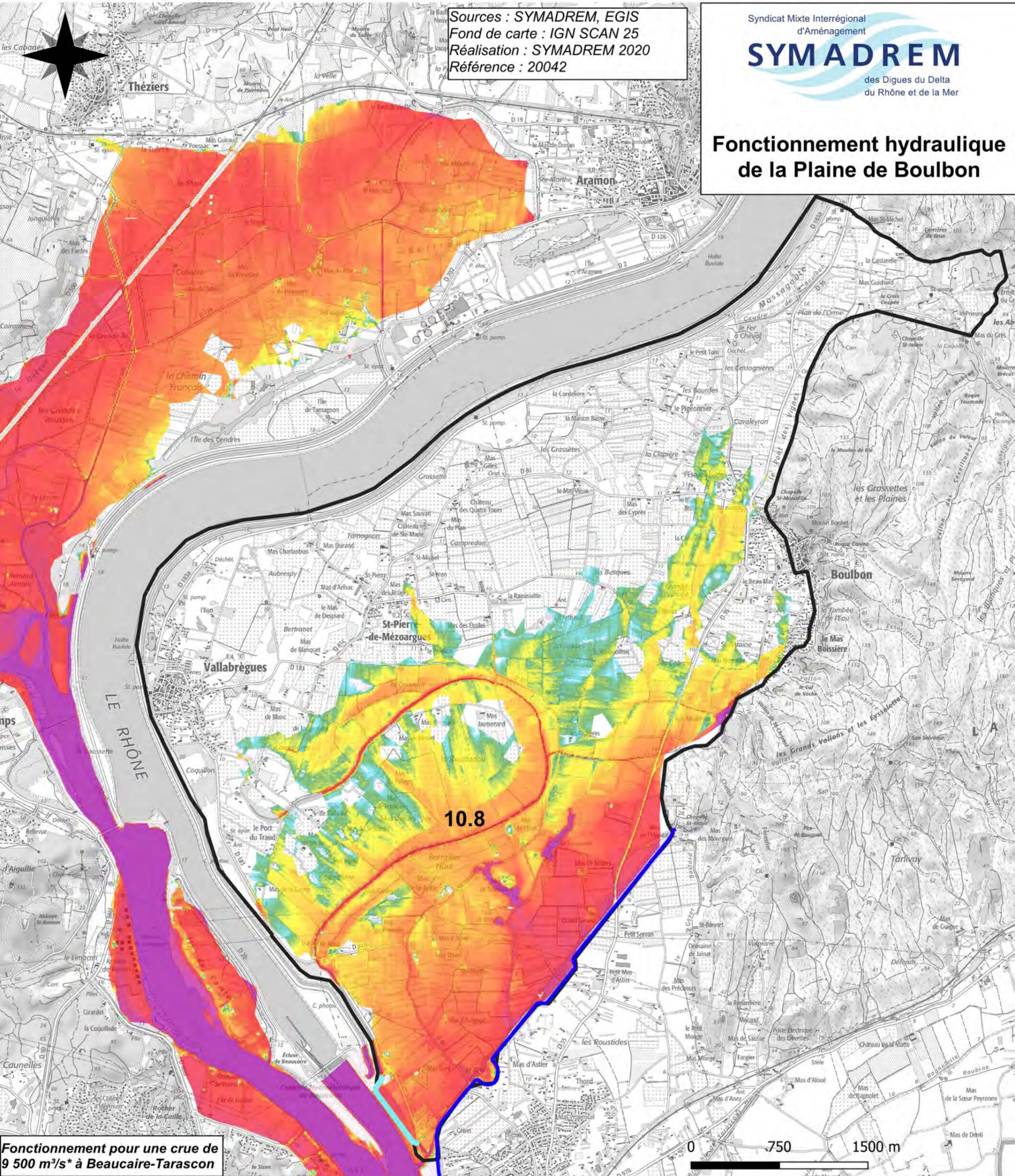
Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Syndicat Mixte Inter-régional
 d'Aménagement

SYMADREM

des Dignes du Delta
 du Rhône et de la Mer

Fonctionnement hydraulique de la Plaine de Boulbon



Fonctionnement pour une crue de
 9 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

□ Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
□ 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
□ 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
□ 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
□ 1 à 2 m : Risque de décès augmente	
□ 2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
□ supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	

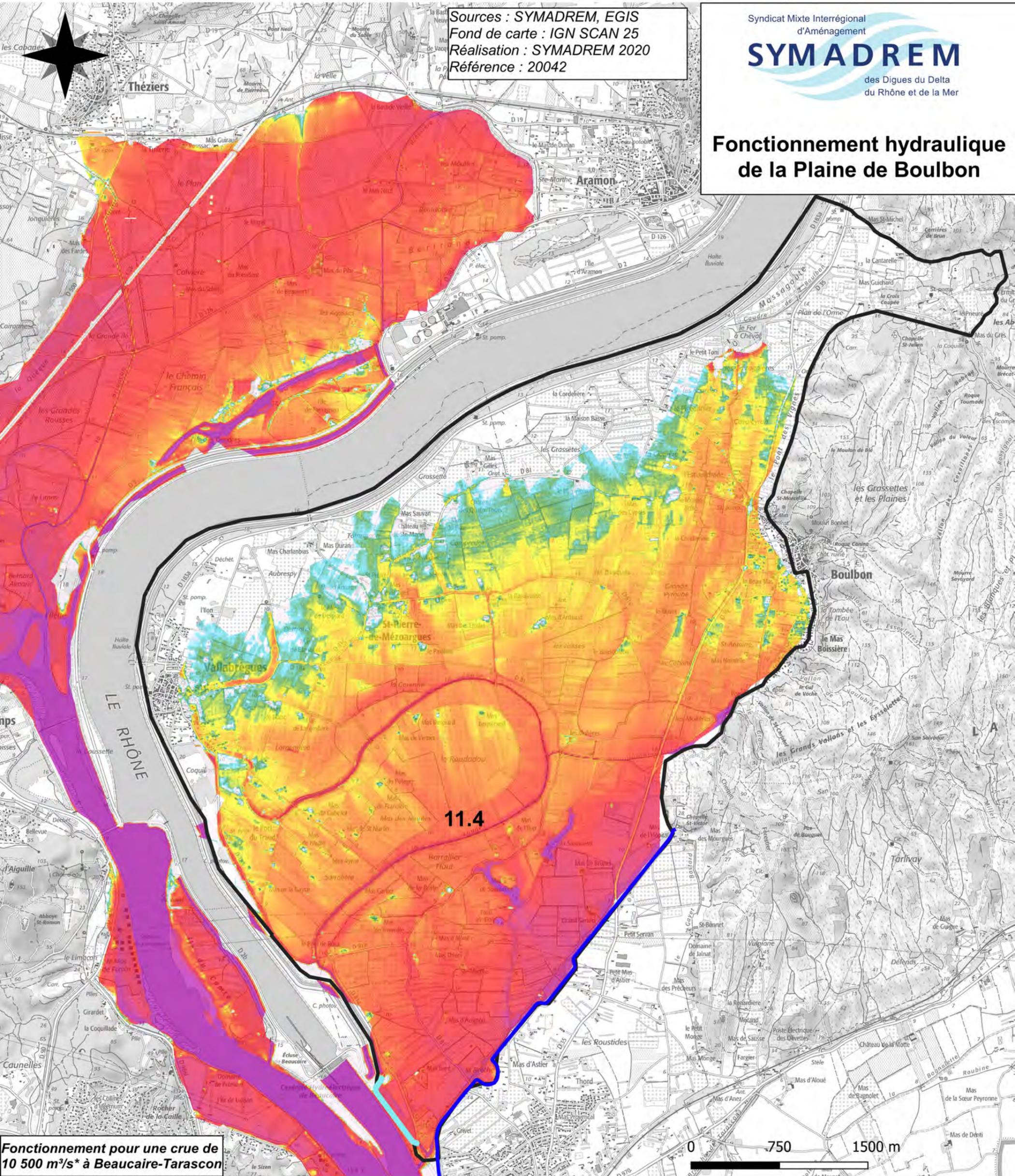
- Plaine de Boulbon
- Système d'endiguement Rive gauche
- Déversoir de Boulbon

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la plaine de Boulbon - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/
 Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau
 marin retenu 0,95 m NGF

Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Fonctionnement hydraulique de la Plaine de Boulbon



Fonctionnement pour une crue de
 10 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | } Venues d'eau dangereuses |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | } Venues d'eau très dangereuses |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | |

- Plaine de Boulbon
- Système d'endiguement Rive gauche
- Déversoir de Boulbon

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la plaine de Boulbon - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/
 Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau
 marin retenu 0,95 m NGF

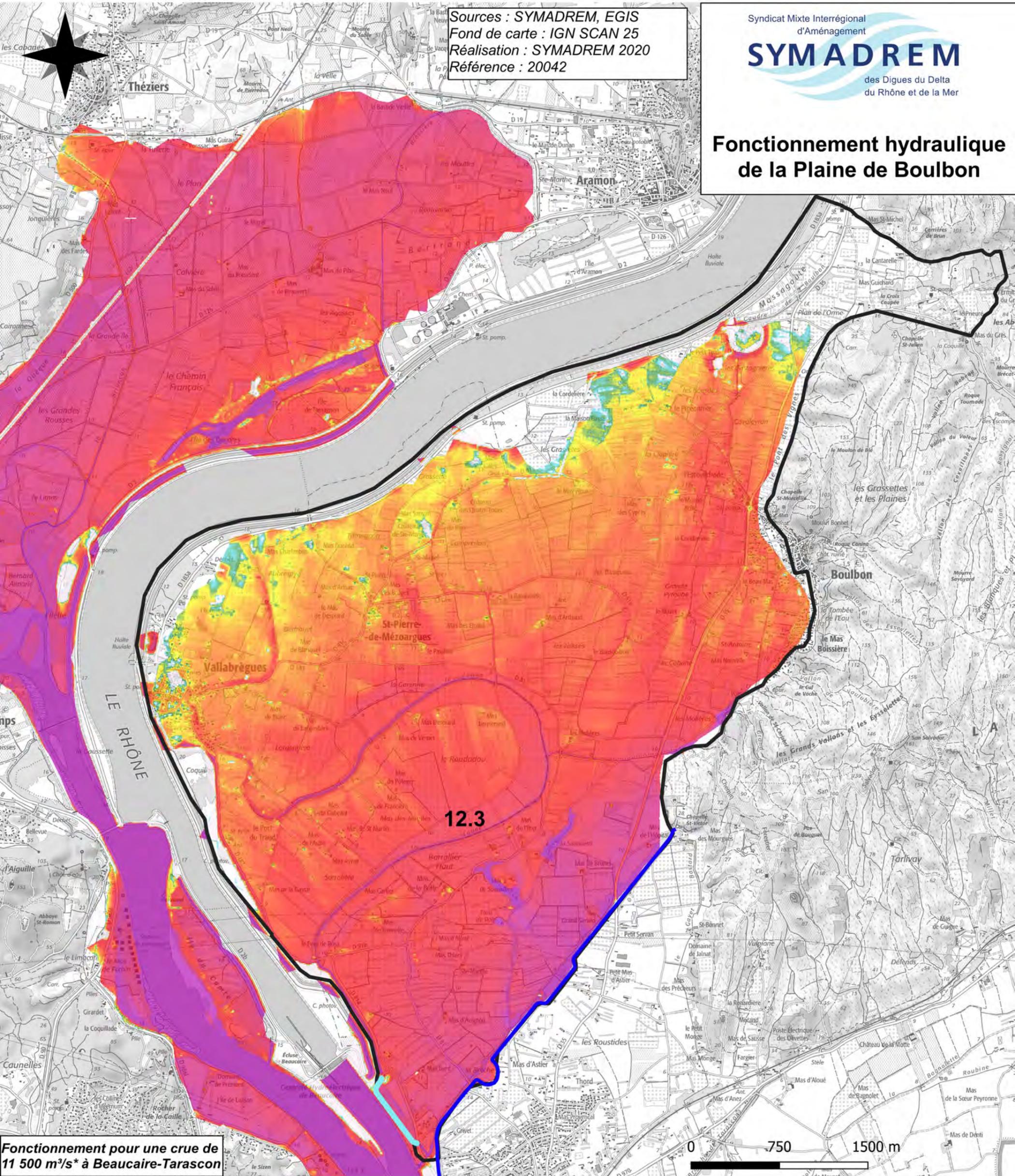
Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Syndicat Mixte Inter-régional
 d'Aménagement

SYMADREM

des Dignes du Delta
 du Rhône et de la Mer

Fonctionnement hydraulique de la Plaine de Boulbon



Fonctionnement pour une crue de
 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | } Venues d'eau dangereuses |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | } Venues d'eau très dangereuses |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | |

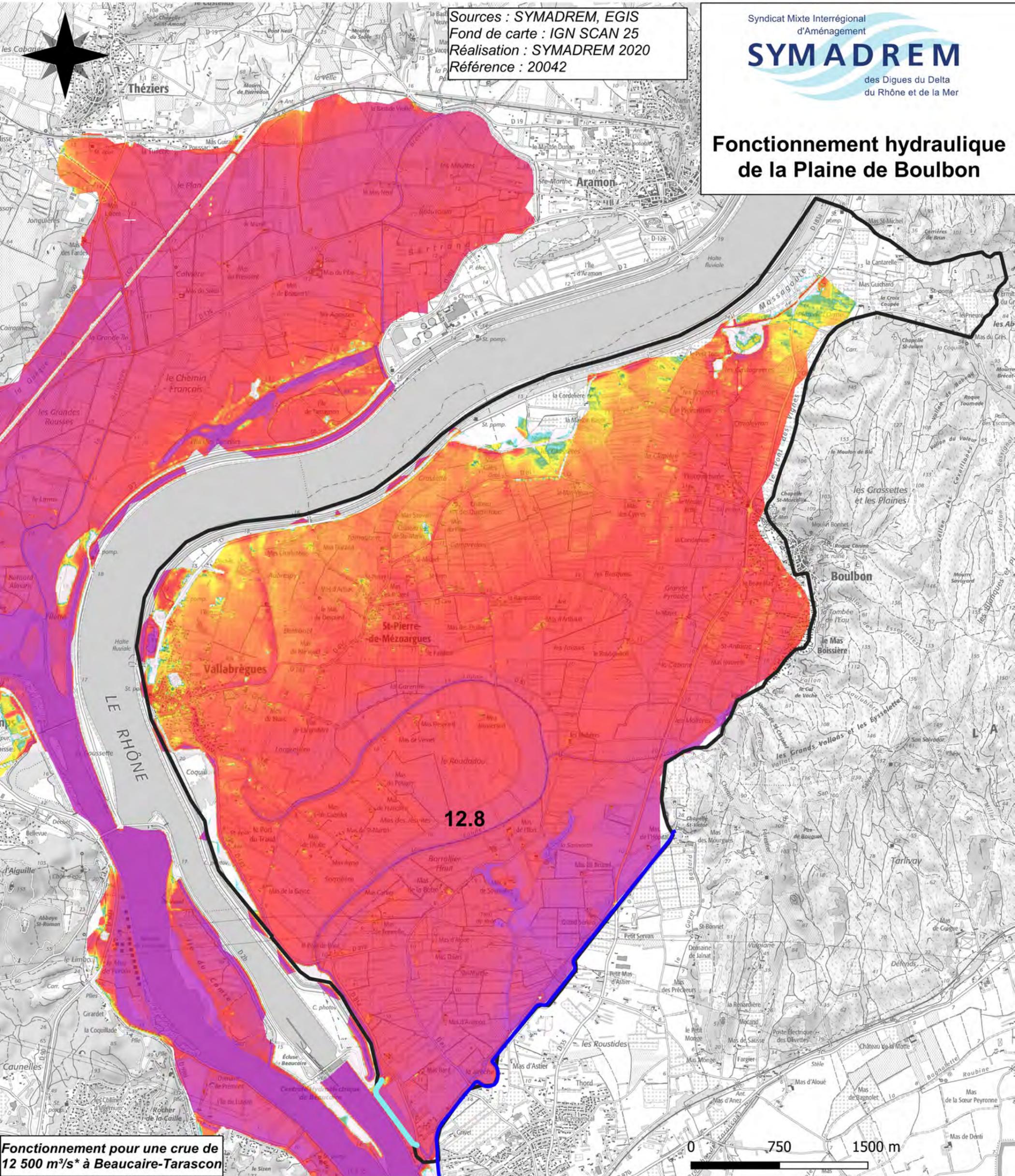
- Plaine de Boulbon
- Système d'endiguement Rive gauche
- Déversoir de Boulbon

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la plaine de Boulbon - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/
 Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau
 marin retenu 0,95 m NGF

Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Fonctionnement hydraulique de la Plaine de Boulbon



Fonctionnement pour une crue de
 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | } Venues d'eau dangereuses |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | } Venues d'eau très dangereuses |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | |

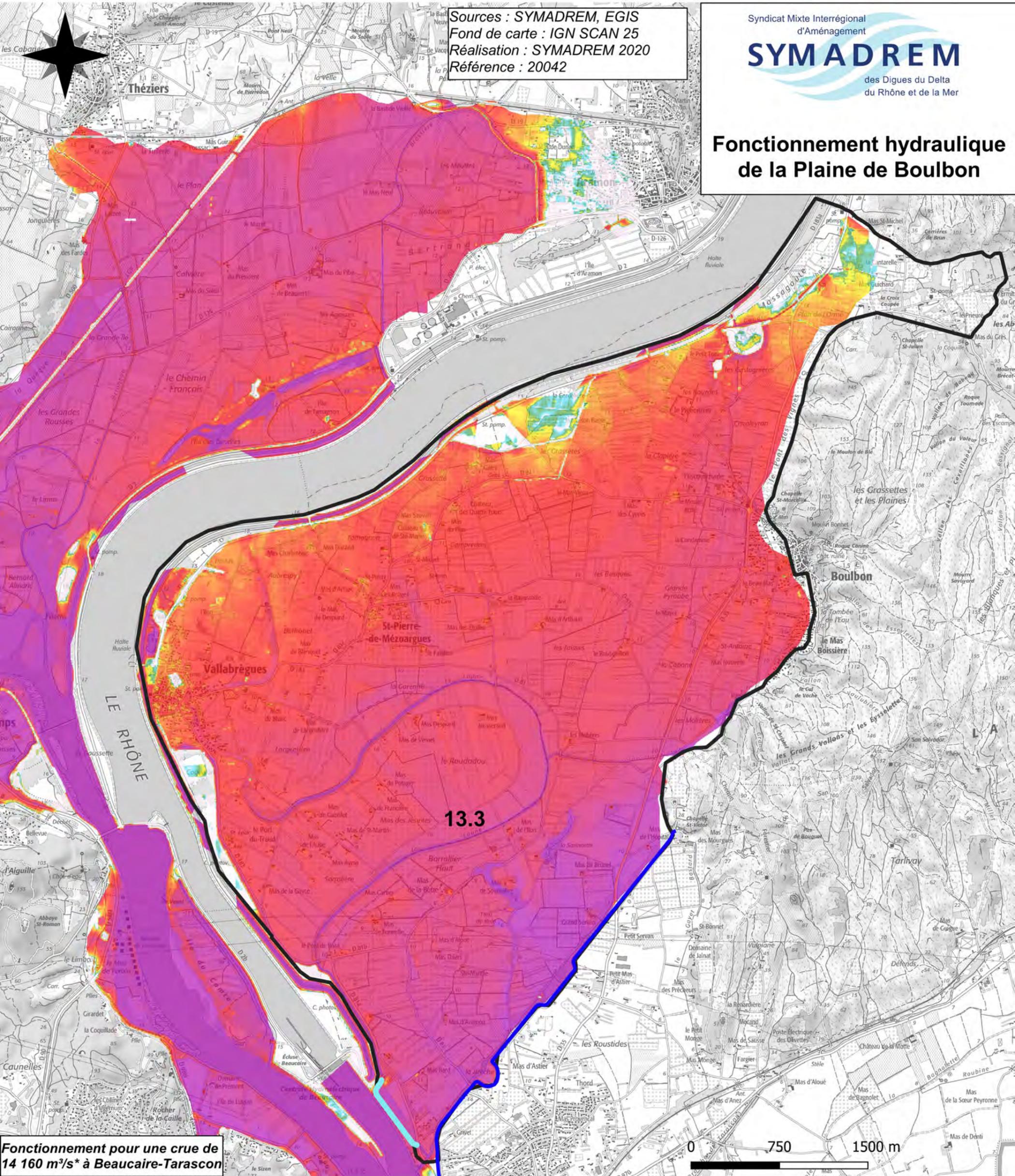
- Plaine de Boulbon
- Système d'endiguement Rive gauche
- Déversoir de Boulbon

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la plaine de Boulbon - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/
 Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau
 marin retenu 0,95 m NGF

Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Fonctionnement hydraulique de la Plaine de Boulbon



Fonctionnement pour une crue de
 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | } Venues d'eau dangereuses |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | } Venues d'eau très dangereuses |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | |

- Plaine de Boulbon
- Système d'endiguement Rive gauche
- Déversoir de Boulbon

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la plaine de Boulbon - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/
 Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau
 marin retenu 0,95 m NGF



ETUDES DE DANGERS (EDD) DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT FLUVIAUX DANS LE GRAND DELTA DU RHONE

Notice d'information auprès des autorités compétentes en matière de secours indiquant les niveaux de protection des sous-zones protégées et des dangers encourus au-delà de ces niveaux (articles R.214-119-1 et R.214-116 du code de l'environnement)

ANNEXE 17 : Cartographie relative au fonctionnement nominal, confondu avec le fonctionnement probable à certain du système d'endiguement des **Marguilliers** (Beaucaire) pour des crues de **11 500 à 14 160 m³/s ± 5 %** à la station SPC de Beaucaire/Tarascon

Les trois cartes en pages suivantes illustrent, pour des débits respectivement de 11 500 ; 12 500 et 14 160 m³/s à Beaucaire/ Tarascon, le fonctionnement nominal (scénario n°1 de l'arrêté EDD de 2017 modifié) du système d'endiguement des Marguilliers (Beaucaire). Ce fonctionnement est confondu avec le fonctionnement probable à certain du système (scénario n°3 de l'arrêté EDD de 2017 modifié), compte tenu de ce que la probabilité de brèche dans les ouvrages du systèmes est inférieure à 5 % pour toutes les crues du Rhône, jusqu'à la crue exceptionnelle du Rhône (14 160 m³/s à Beaucaire/Tarascon)

Les hauteurs d'eau ont été calculées par soustraction de la cote du modèle numérique de terrain de la BDT Rhône de 2008 à la cote d'inondation (en m NGF) issue du modèle développé par la CNR pour le compte du SYMADREM. L'échelle utilisée a été partagée avec le SDIS 13. Elle distingue plus de classes que celles proposées par la réglementation relative aux études de dangers des systèmes d'endiguement.

Trois types de fonctionnement sont à considérer, conformément à l'arrêté EDD de 2017 modifié :

- le scénario 1 est « celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection. ».
- le scénario 2 est « représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages.... » [La cartographie de ce scénario n'a pas été établie, compte tenu des faibles volumes de lâcher d'eau (moins de 100 000 m³)].
- le scénario 3 est « représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou.... ».



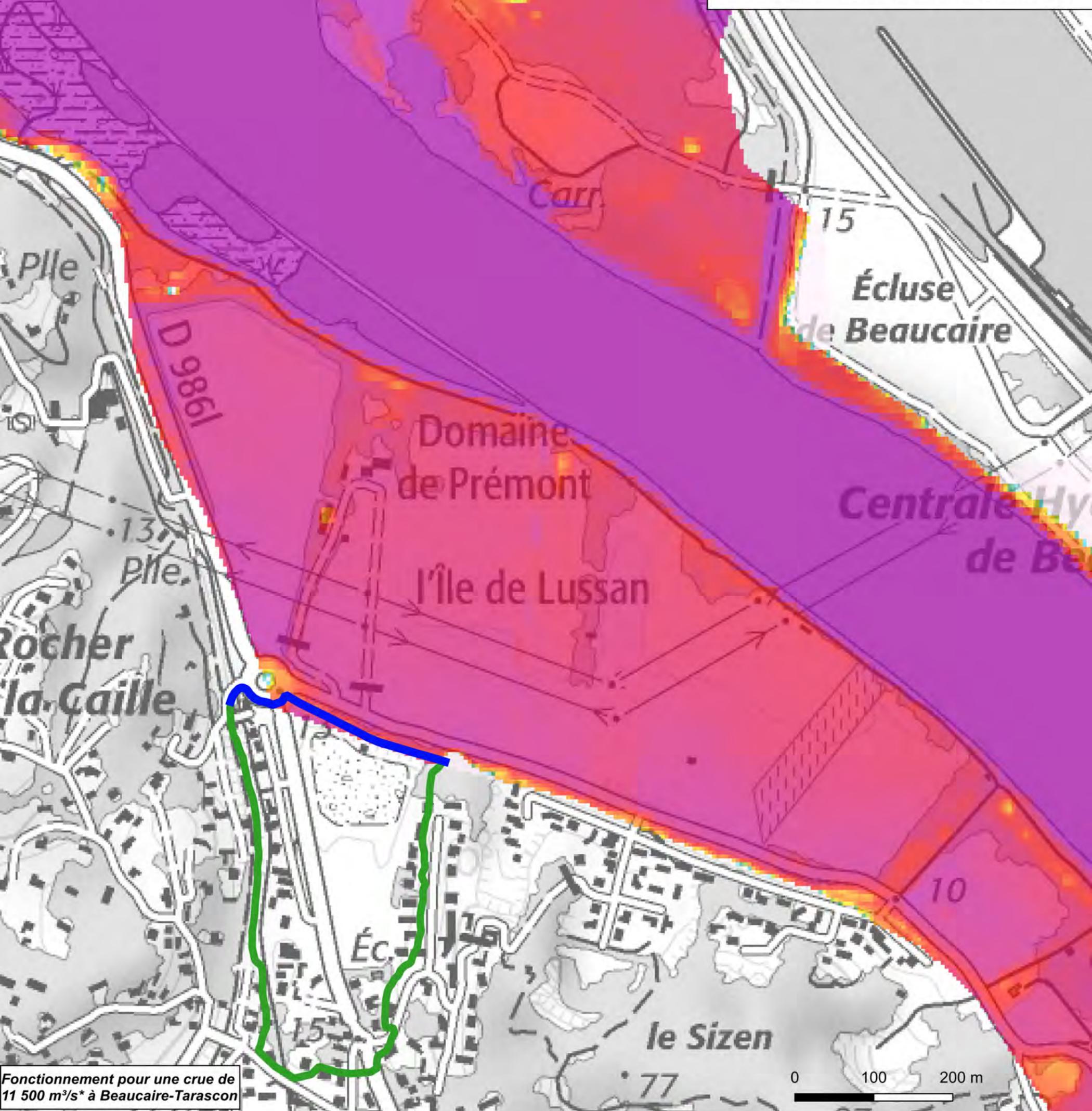
Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Syndicat Mixte Interrégional
 d'Aménagement

SYMADREM

des Dignes du Delta
 du Rhône et de la Mer

Fonctionnement hydraulique de la zone protégée des Marguilliers



Fonctionnement pour une crue de 11 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	} Venues d'eau peu dangereuses
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	} Venues d'eau dangereuses
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	
	2 à 4 m : Risque de décès fort	} Venues d'eau très dangereuses
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	

- Zone protégée
- Système d'endiguement des Marguilliers

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau marin retenu 0,95 m NGF



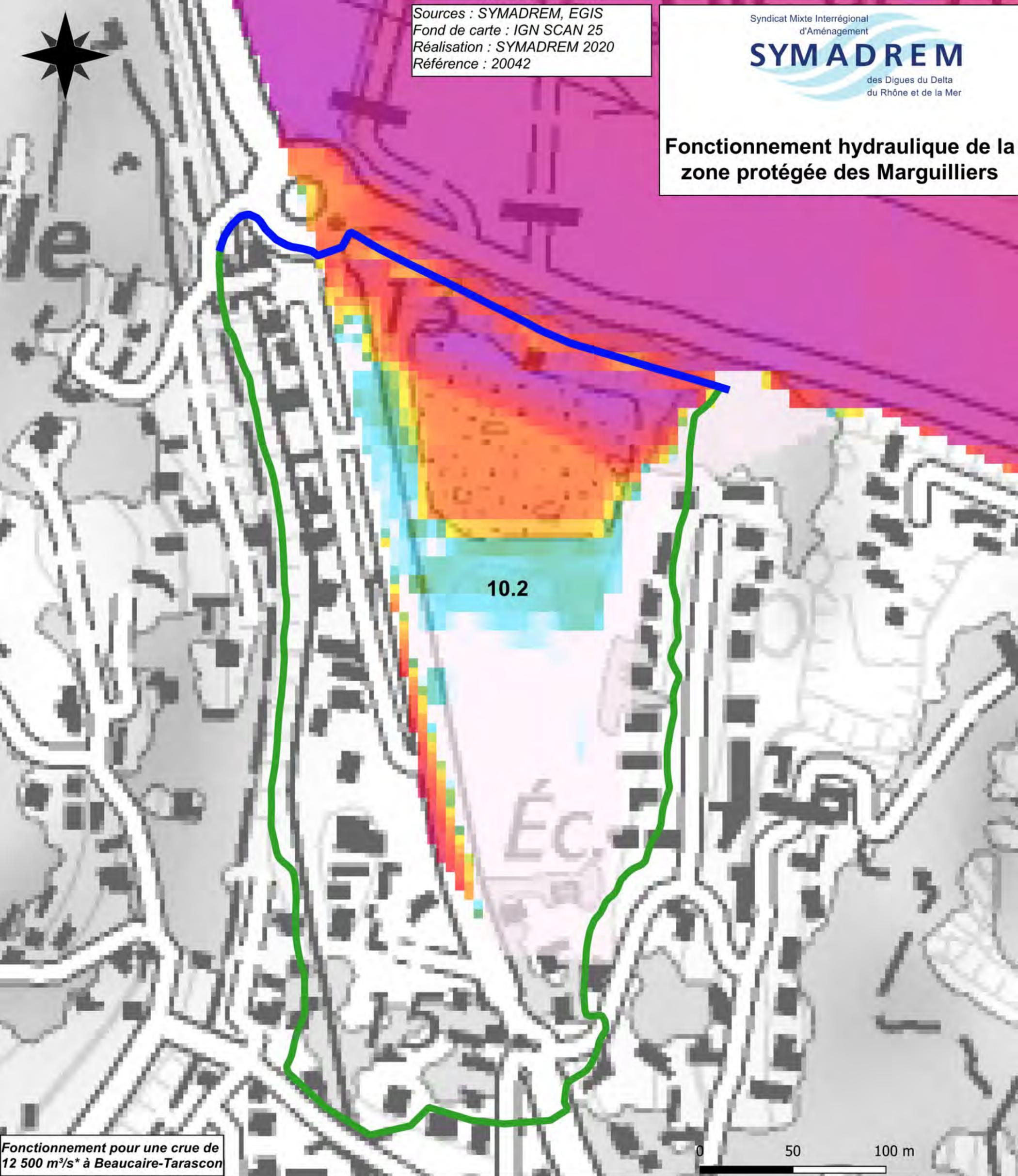
Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Syndicat Mixte Interrégional
 d'Aménagement

SYMADREM

des Dignes du Delta
 du Rhône et de la Mer

**Fonctionnement hydraulique de la
 zone protégée des Marguilliers**



Fonctionnement pour une crue de
 12 500 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| | Aucune venue d'eau | } Venues d'eau peu dangereuses |
| | 0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible | |
| | 0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile | |
| | 0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile | } Venues d'eau dangereuses |
| | 1 à 2 m : Risque de décès augmente | |
| | 2 à 4 m : Risque de décès fort | } Venues d'eau très dangereuses |
| | supérieures à 4 m : Risque de décès très fort | |

- Zone protégée
- Système d'endiguement des Marguilliers

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la zone protégée des Marguilliers - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/
 Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau
 marin retenu 0,95 m NGF



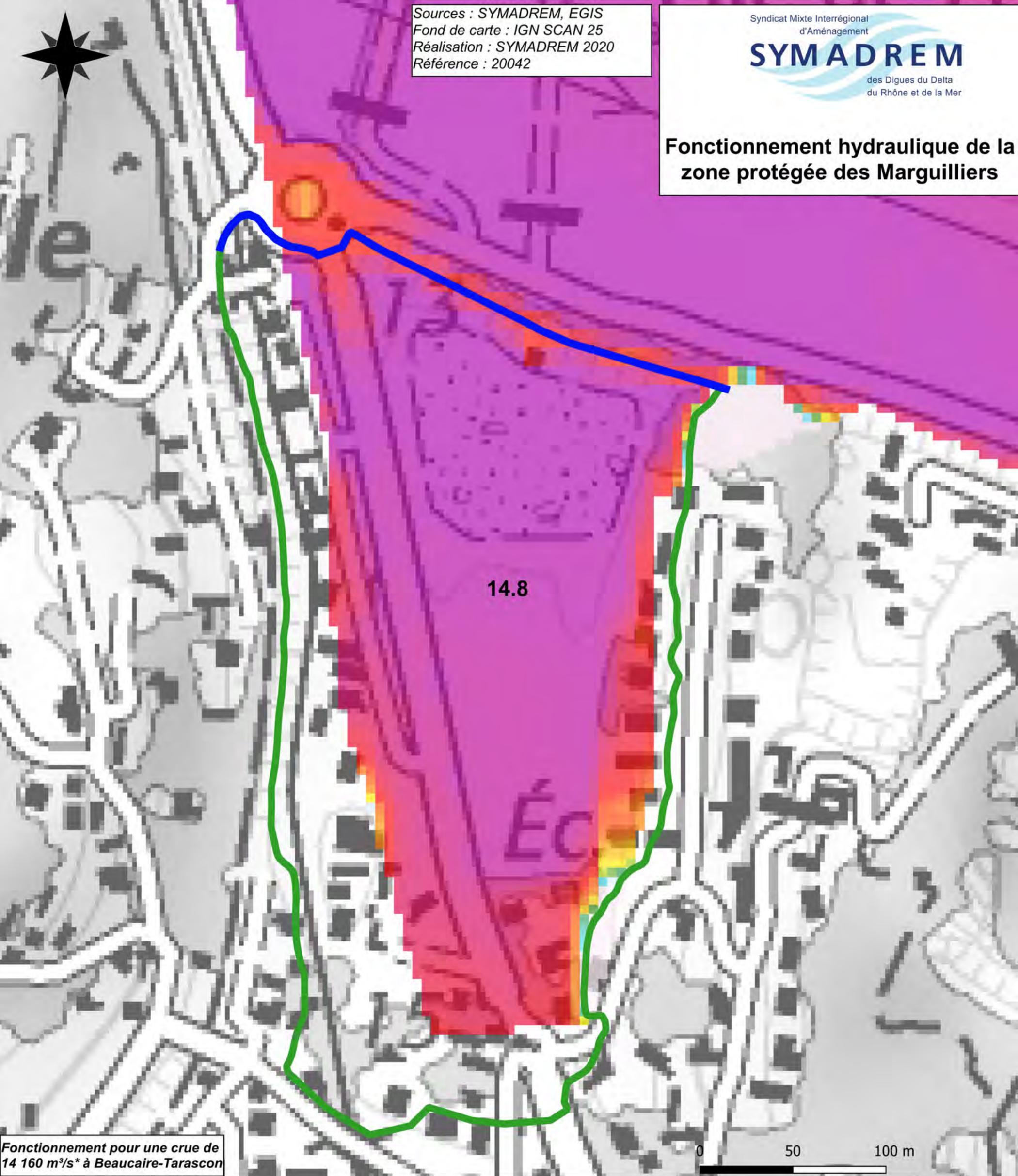
Sources : SYMADREM, EGIS
 Fond de carte : IGN SCAN 25
 Réalisation : SYMADREM 2020
 Référence : 20042

Syndicat Mixte Interrégional
 d'Aménagement

SYMADREM

des Dignes du Delta
 du Rhône et de la Mer

Fonctionnement hydraulique de la zone protégée des Marguilliers



Fonctionnement pour une crue de
 14 160 m³/s* à Beaucaire-Tarascon

Caractérisation des venues d'eau dans la zone protégée

	Aucune venue d'eau	
	0 à 0,3 m : Circulation engins secours possible	} Venues d'eau peu dangereuses
	0,3 à 0,5 m : Circulation engins secours difficile	
	0,5 à 1 m : Circulation engins secours très difficile	
	1 à 2 m : Risque de décès augmente	} Venues d'eau dangereuses
	2 à 4 m : Risque de décès fort	
	supérieures à 4 m : Risque de décès très fort	} Venues d'eau très dangereuses

- Zone protégée
- Système d'endiguement des Marguilliers

n : valeur caractéristique de la cote d'inondation au sein de la zone protégée des Marguilliers - en m NGF

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/
 Tarascon ± 5%, cote associée 10,22 m NGF ± 10 cm et niveau
 marin retenu 0,95 m NGF