

DREAL de Bassin
Rhône Méditerranée

Service Prévention des
Risques
Unité : Mission Rhône

Septembre 2013

Directive Inondations

Bassin Rhône-Méditerranée



***Territoire à Risque Important
d'inondation (TRI) du delta du Rhône***

***Cartographie des surfaces inondables
et des risques***

Rapport explicatif

Ressources, territoires, habitats et paysages
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/inondations>

SOMMAIRE

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE.....	3
I.INTRODUCTION.....	5
II.PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU TRI.....	7
2.1 - Caractérisation du TRI du Delta	8
2.2 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie.....	9
2.3 - Association technique des parties prenantes.....	9
III.CARTOGRAPHIE DES SURFACES INONDABLES DU TRI.....	11
3.1 - Débordement de cours d'eau.....	11
Précisions sur les différents cours d'eau cartographiés et détails sur les éventuelles cartographies séparées de surfaces inondables.....	11
Rappeler que la carte de synthèse en définit une vision synthétique.....	11
Rappeler l'échelle de validité des cartes aux 1/25000e.....	11
3.2 - Le fleuve Rhône (Mission Rhône- DREAL RA).....	11
3.3 - Submersions marines (CETE Méditerranée)	25
Rappeler l'échelle de validité des cartes aux 1/25000e.	25
3.4 -Carte de synthèse des surfaces inondables	36
IV.CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION DU TRI	37
4.1 - Méthode de caractérisation des enjeux.....	37
4.2 - Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques.....	37
V.LISTE DES ANNEXES.....	40

Résumé non technique

Le territoire à risque important d'inondation du delta du Rhône

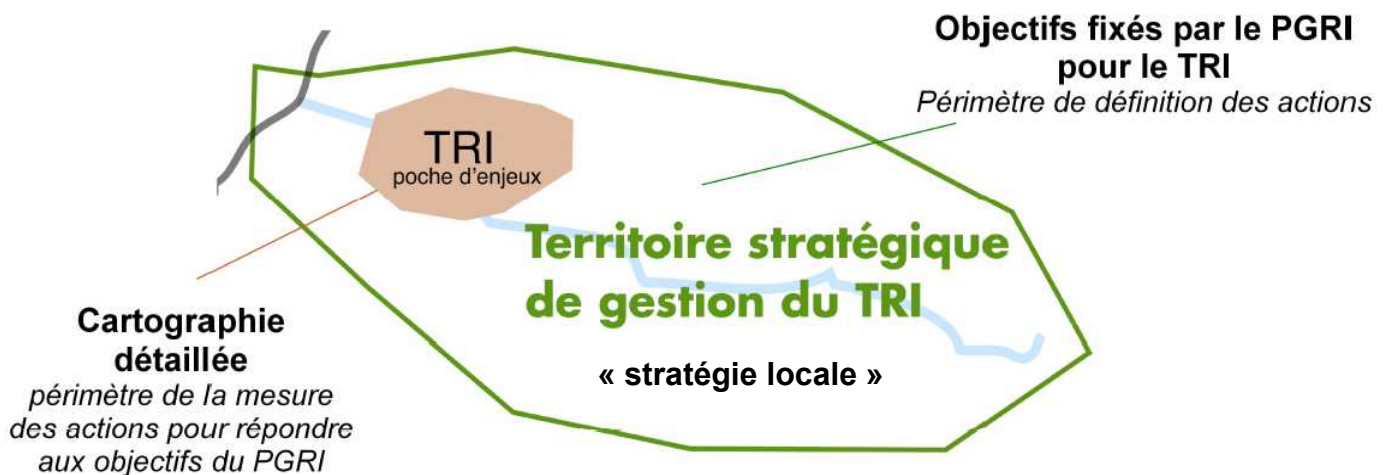
La sélection du territoire à risque important d'inondation du delta du Rhône implique la mise en œuvre d'une stratégie concertée pour répondre à la Directive inondation.

La mise en œuvre de la Directive Inondation vise à fixer un cadre d'évaluation et de gestion des risques d'inondation à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée tout en priorisant l'intervention de l'État pour les territoires à risque important d'inondation (TRI).

31 TRI ont été arrêtés le 12 décembre 2012 sur le bassin Rhône-Méditerranée. Cette sélection s'est appuyée sur 3 éléments : le diagnostic de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), l'arrêté national définissant les critères de sélection des TRI, la prise en compte de critères spécifiques à certains territoires du bassin en concertation avec les parties prenantes du bassin Rhône-Méditerranée.

L'identification des TRI obéit à une **logique de priorisation** des actions et des moyens apportés par l'État dans sa politique de gestion des inondations. À cet effet, les 31 TRI sélectionnés devront faire l'objet :

- d'ici fin 2013, d'une **cartographie** des surfaces inondables et des risques pour les phénomènes d'inondation caractérisant le territoire ;
- d'ici fin 2014, de **stratégies locales** de gestion des risques d'inondation dont les objectifs et le périmètre devront être identifiés d'ici 2014. Ces dernières nécessiteront un engagement des acteurs locaux dans leur élaboration s'appuyant notamment sur un partage des responsabilités, le maintien d'une solidarité amont-aval face aux risques, la recherche d'une synergie avec les autres politiques publiques.



Le territoire à risque important d'inondation a été sélectionné au regard des conséquences négatives susceptibles d'impacter son bassin de vie au regard de phénomènes prépondérants.

La sélection du TRI du delta du Rhône s'est appuyée en première approche sur l'arrêté ministériel du 27 avril 2012 qui demande de tenir compte, a minima, des impacts potentiels sur la santé humaine et l'activité économique de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI). Ce premier diagnostic macroscopique fait ressortir les enjeux dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles (EAIP) pour les 6 indicateurs du tableau ci-dessous.

	Impact sur la santé humaine			Impact sur l'activité économique		
	Population permanente en EAIP (nb d'habitants)	Part de la population permanente en EAIP	Emprise de l'habitat de plain-pieds en EAIP (m ²)	Nombre d'emplois en EAIP	Part des emplois en EAIP	Surface bâtie en EAIP (m ²)
Débordements de cours d'eau	91 926	81,1 %	1 275 263	33 864	84,9 %	9 550 553
Submersions marines	23 966	21,1 %	494 257	6 668	16,7 %	2 806 334

Le périmètre du TRI, constitué de 8 communes, a été constitué autour des bassins de vie d'Arles. Celui-ci a été précisé pour tenir compte de la dangerosité des phénomènes sur certaines communes, de la pression démographique du territoire... .

Compte-tenu de l'état des connaissances disponibles sur le TRI, la cartographie des phénomènes d'inondation a été élaborée pour les débordements du Rhône et la submersion marine.

La cartographie du TRI du delta du Rhône

Objectifs généraux et usages

La cartographie du TRI du delta du Rhône apporte un approfondissement de la connaissance sur les surfaces inondables et les risques pour les débordements de certains cours d'eau et des submersions marines pour 3 types d'événements (fréquent, moyen, extrême). De fait, elle apporte un premier support d'évaluation des conséquences négatives du TRI pour ces 3 événements en vue de la définition d'une stratégie locale de gestion des risques.

Elle vise en outre à enrichir le porter à connaissance de l'État dans le domaine des inondations et à contribuer à la sensibilisation du public. Plus particulièrement, le scénario « extrême » apporte des éléments de connaissance ayant principalement vocation à être utilisés pour préparer la gestion de crise.

Toutefois, cette cartographie du TRI n'a pas vocation à se substituer aux cartes d'aléa des PPRI (lorsqu'elles existent sur le TRI) dont les fonctions et la signification ne sont pas les mêmes.

Principaux résultats de la cartographie du TRI

La cartographie du TRI du delta du Rhône se décompose en différents jeux de carte au 1/ 25 000^e pour :

- les débordements de cours d'eau
 - ➔ un jeu de 3 cartes des surfaces inondables des débordements du Rhône pour les événements fréquent, moyen, extrême présentant une information sur les surfaces inondables, les hauteurs d'eau ;
 - ➔ une carte de synthèse des débordements des différents cours d'eau cartographiés pour les 3 scénarii retenus ;
 - ➔ une carte des risques présentant les enjeux situés dans les surfaces inondables ;
 - ➔ une information sur les populations et les emplois exposés par commune et par scénario.
- les submersions marines
 - ➔ un jeu de 4 cartes des surfaces inondables par submersions marines pour les événements fréquent, moyen, moyen avec changement climatique, extrême présentant une information sur les surfaces inondables, les hauteurs d'eau voire les vitesses d'écoulement ;
 - ➔ une carte de synthèse des submersions marines pour les 3 scénarii retenus ;
 - ➔ une carte des risques présentant les enjeux situés dans les surfaces inondables par submersions marines ;
 - ➔ une information sur les populations et les emplois exposés par commune et par scénario.

I. Introduction

Une cartographie s'inscrivant dans le cadre de la Directive Inondation

La Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondations dite « Directive Inondation », a pour principal objectif d'établir un cadre pour l'évaluation et la gestion globale des risques d'inondations, qui vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux différents types d'inondations dans la Communauté.

L'Évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), arrêtée le 21 décembre 2011, a posé un diagnostic global à l'échelle du Bassin Rhône-Méditerranée. Sur cette base, un Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) à la même échelle définira un cadre réglementaire de définition des objectifs et des moyens pour la réduction des conséquences dommageables des inondations. Le PGRI devra être arrêté avant le 22 décembre 2015 par M. le préfet coordonnateur de bassin Rhône-Méditerranée.

Le PGRI constitue un document de planification pour la gestion des risques d'inondation sur le bassin Rhône-Méditerranée. À ce titre, au-delà de dispositions communes à l'ensemble du bassin, celui-ci doit porter les efforts en priorité sur les territoires à risque important d'inondation (TRI).

Sur la base du diagnostic de l'EPRI et d'une concertation avec les parties prenantes du bassin, 31 TRI en Rhône-Méditerranée ont été sélectionnés par arrêté du préfet coordonnateur de bassin du 12 décembre 2012. Le choix de ces territoires et de leur périmètre s'est appuyé sur la définition d'un bassin de vie exposé aux inondations (de manière directe ou indirecte) au regard de leur impact potentiel sur la santé humaine et l'activité économique, mais aussi d'autres critères tels que la nature et l'intensité des phénomènes ou encore la pression démographique et saisonnière.

Le TRI du delta du Rhône a été retenu au regard des débordements de cours d'eau et des submersions marines considérés comme prépondérants sur le territoire. La qualification de ce territoire en TRI implique l'élaboration d'une ou plusieurs stratégies locales de gestion des risques d'inondation qui déclinent les objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations du PGRI à l'échelle d'un bassin de risque cohérent et engage l'ensemble des pouvoirs publics concernés territorialement.

Pour la définition de cette stratégie, le TRI constitue le périmètre de mesure des effets et éclaire les choix à faire et à partager sur les priorités. La cartographie des surfaces inondables et des risques apporte un approfondissement de la connaissance en ce sens pour 3 scénarii :

- les événements fréquents (d'une période de retour entre 10 et 30 ans) ;
- les événements d'occurrence moyenne (généralement d'une période de retour comprise entre 100 et 300 ans) ;
- les événements exceptionnels (d'une période de retour de l'ordre de la millénaire).

Objectifs de la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation

En dehors de l'objectif principal, décrit plus haut, de quantification des enjeux situés dans les TRI pour différents scénarii d'inondation, ces cartes des surfaces inondables et des risques d'inondation visent à enrichir le porter à connaissance de l'État dans le domaine des inondations et à contribuer à la sensibilisation du public.

À l'instar des atlas de zones inondables (AZI), les cartes contribueront à la prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme et l'application du droit des sols par l'État et les collectivités territoriales, selon des modalités à adapter à la précision des cartes et au contexte local, et ceci surtout en l'absence de PPRi ou d'autres documents de référence à portée juridique.

Par ailleurs, le scénario « extrême » apporte des éléments de connaissance ayant principalement vocation à être utilisés pour préparer la gestion de crise.

Les cartes « directive inondation » n'ont pas vocation à se substituer aux cartes d'aléa des PPRI (lorsqu'elles existent sur les TRI) dont les fonctions et la signification ne sont pas les mêmes.

Contenu de la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation

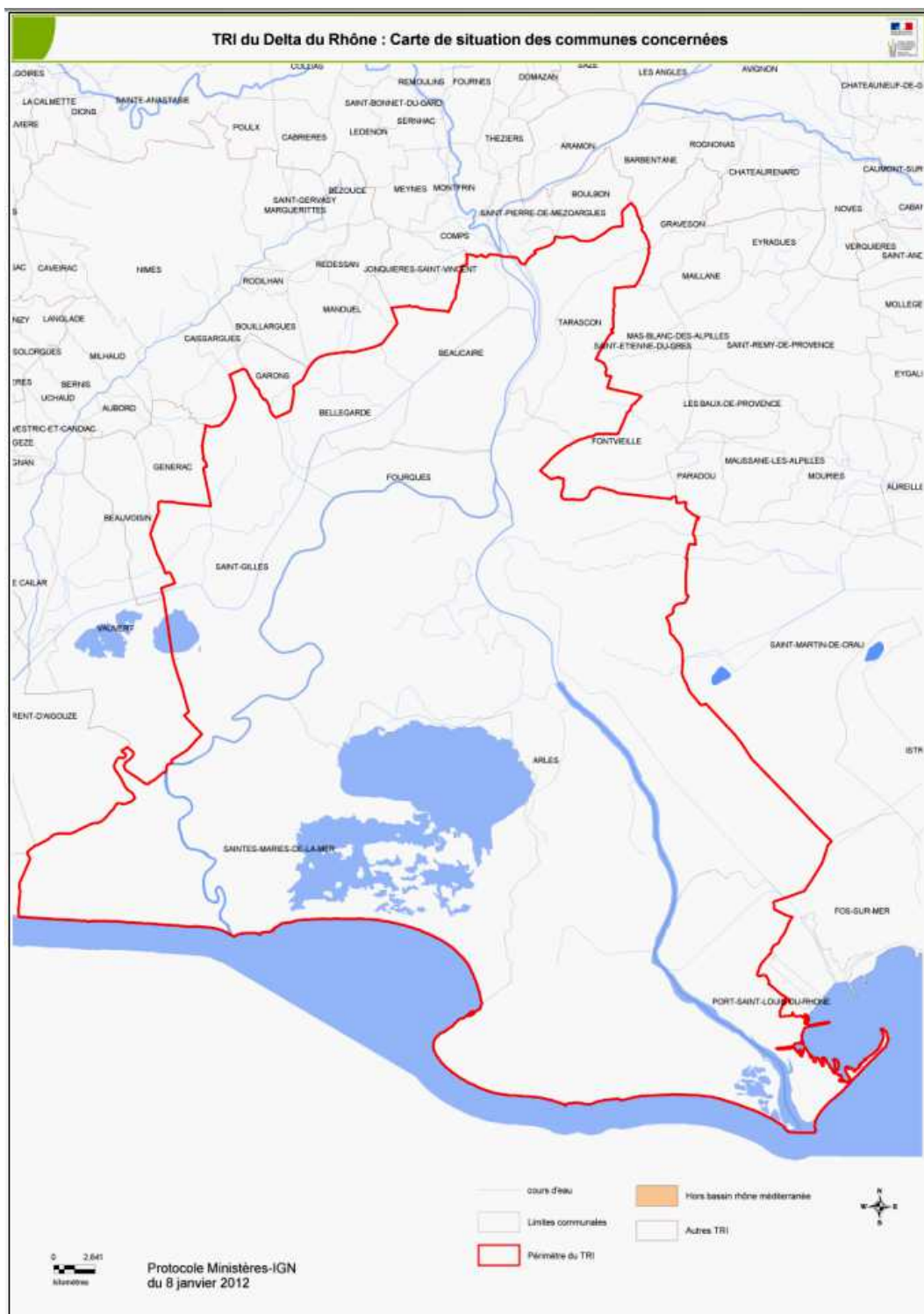
La cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation du TRI est constitué d'un jeu de plusieurs types de cartes :

- Des cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême) pour les débordements de cours d'eau (et pour les submersions marines).
Elles représentent l'extension des inondations, les classes de hauteurs d'eau, et le cas échéant les vitesses d'écoulement. Selon les configurations et l'état des connaissances propre à chaque cours d'eau, certains cours d'eau du TRI sont cartographiés de manière séparée.
- Des cartes de synthèse des surfaces inondables des différents scénarii pour les débordements de cours d'eau (et pour les submersions marines).
Elles représentent uniquement l'extension des inondations synthétisant sur une même carte les débordements des différents cours d'eau selon les 3 scénarii.
- Des cartes des risques d'inondation
Elles représentent la superposition des cartes de synthèse avec les enjeux présents dans les surfaces inondables (bâti ; activités économiques ; installations polluantes ; établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise).
- Des tableaux d'estimation des populations et des emplois par commune et par scénario.

Le présent rapport a pour objectif de rappeler les principaux éléments de caractérisation du TRI du delta du Rhône (II), d'explicitier les méthodes utilisées pour cartographier les surfaces inondables (III) et la carte des risques d'inondation (IV). Ce rapport est accompagné d'un atlas cartographique qui présente le jeu des différents types de carte au 1/25 000^e.

II. Présentation générale du TRI

Le territoire à risque important d'inondation (TRI) du Delta se situe essentiellement sur la Camargue en comprenant les communes de Beaucaire et de Tarascon, à cheval sur les départements des Bouches-du-Rhône et du Gard.



2.1 - Caractérisation du TRI du Delta

Le territoire du TRI du Delta est constitué de 8 communes. L'urbanisation est caractéristique du secteur camarguais avec des centres urbains, des hameaux et de grands territoires naturels ou agricoles.

Il est traversé par les deux branches du Rhône et par un grand nombre de canaux et roubines.

Le Rhône dans le TRI du Delta est le collecteur de l'ensemble du bassin. Il est donc soumis à un régime hydrologique complexe détaillé par la suite.

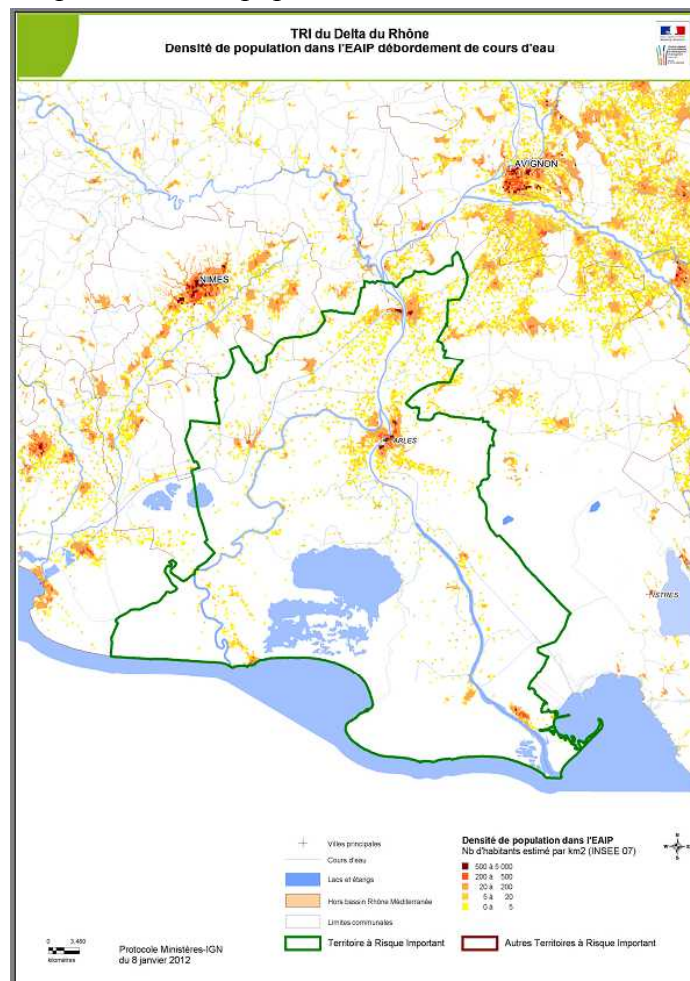
Par ailleurs, le TRI du Delta est également concerné par les risques de submersion marine.

En 2011, l'Etude Préliminaire des Risques d'Inondation réalisée à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée a permis de déterminer l'Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles (EAIP) : il s'agit de l'emprise maximale des inondations provoquées par les débordements de tous les cours d'eau du bassin.

Cette étude a montré que plus de 90 000 personnes, soit 80 % de la population permanente, réside dans l'Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles (EAIP) du réseau hydrographique et que près de 24 000 personnes, soit 20 % de la population permanente, le sont également par l'aléa submersion marine.

Ce sont également près de 34 000 emplois, soit 85 % des emplois sur le TRI, qui peuvent être impactés par les inondations du Rhône, et près de 6700, soit 17 % des emplois, le sont également par l'aléa submersion marine.

La carte suivante illustre la répartition de la population dans le TRI.



En réponse aux inondations du Rhône de la période récente, une stratégie globale de prévention des inondations a été mise en œuvre dans le cadre du volet inondation du Plan Rhône. Les grands principes du Plan Rhône sont déclinés dans le cadre du schéma de gestion Rhône-aval qui définit une stratégie d'action de prévention des inondations (gestion de l'aléa, réduction de la vulnérabilité, culture du risque, ...) sur le Rhône de la plaine de Donzère-Mondragon à la mer. Au regard des inondations du Rhône, le territoire du TRI a la particularité d'être totalement couvert par un système d'endigements ou de remblais ayant pour effet de contenir les inondations jusqu'à des occurrences de crue variables.

Les actions identifiées dans ce schéma ont été en grande partie reprises dans le Programme de sécurisation des ouvrages de protection contre les crues du Rhône de l'aval du barrage de Vallabrègues à la mer du SYMADREM qui est le gestionnaire de la majeure partie des ouvrages intéressant le TRI.

Le TRI du Delta est également marqué par une forte composante liée au ressuyage, thématique qui concerne fortement le réseau des canaux et des roubines. Phénomènes pris en compte pour la cartographie

2.2 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie

Le TRI du Delta a été retenu au regard des débordements du Rhône et de la submersion marine.

2.3 - Association technique des parties prenantes

Pour la réalisation de la cartographie des aléas Rhône, les services des risques des DDT des Bouches-du-Rhône et du Gard ont été associées.

Pour la cartographie de l'aléa submersion marine, l'opérateur est la DREAL-PACA avec le CETE Méditerranée.

Des données provenant d'études du SYMADREM ont également été exploitées ?

Les principales parties prenantes identifiées, également participantes au comité technique élargi qui sera réuni durant la concertation, sont les suivantes :

Communes :

- Mairie d'Arles
- Mairie de Fourque
- Mairie de Beaucaire
- Mairie de Tarascon
- Mairie de Port Saint Louis du Rhône
- Mairie des Saintes-Maries-de-la-Mer
- Mairie de Saint-Gilles
- Mairie de Bellegarde

Intercommunalités

- Communauté d'agglomération d'Arles-Crau-Camargue-Montagnette
- Communauté de communes Beaucaire Terre d'Argence

Porteurs de SCOT :

- Syndicat Mixte du SCOT Sud Gard

- Syndicat Mixte du Pays d'Arles

Syndicats de bassin-versant :

- Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer
- Syndicat mixte Camargue gardoise : 11 place du 8 mai 30 000 Nîmes

Commissions Locales de l'Eau (CLE)

Préfet de département du Gard

Service Départemental d'Incendies et de Secours (SDIS)

- des Bouches du Rhône
- du Gard : 982 Avenue Joliot Curie BP 48069 30932 Nîmes cédex 9

Conseil Régional

- Provence-Alpes-Côte-d'Azur
- Languedoc Roussillon

Conseil Général :

- des Bouches-du-Rhône
- du Gard

Chambre de commerce et d'industrie :

- des Bouches-du-Rhône
- du Gard

Chambre d'Agriculture

- des Bouches-du-Rhône
- du Gard

Parc Naturel Régional de Camargue

III. Cartographie des surfaces inondables du TRI

3.1 - Débordement de cours d'eau

Les cartes élaborées pour la concertation distinguent les deux types de submersion étudiés sur le TRI du Delta.

La synthèse des données fait l'objet de deux cartes : la carte de synthèse des risques liés aux inondations du Rhône et la carte de synthèse des risques liés à la submersion marine.

On rappelle que l'échelle de travail de la cartographie est au 1/25000^e. La lecture des cartes doit tenir compte de cet élément.

3.2 - Le fleuve Rhône (Mission Rhône- DREAL RA)

Principales caractéristiques des phénomènes

A la variété des scénarios climatiques et hydrologiques régissant la formation des crues du Rhône correspondent des conditions de propagation également variées. De plus les affluents sont nombreux et importants. Au total, la dynamique des crues sur le bassin du Rhône ne relève pas d'un simple et unique schéma. En revenant à un découpage par grands tronçons, on peut en présenter les traits principaux.

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

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

En descendant la vallée, la dynamique de la crue, tributaire des réactions des affluents méridionaux, se complexifie. On peut distinguer trois principales configurations.

- la première voit les crues formées entre Lyon et Valence s'atténuer vers l'aval quand les bassins des affluents ont été faiblement arrosés.
- la configuration qui produit des crues généralisées correspond à des apports répartis le long du cours. C'est la crue d'Octobre 1993 et celle de Mai 1856, avec toutefois un phénomène plus complexe comprenant plusieurs ondes de crue.

- la dernière configuration correspond à une production prépondérante des affluents du cours aval. Elle peut s'observer à partir de débits faibles du Rhône à Lyon, la crue se formant essentiellement dans le cours aval (scénario des crues de 2002 et 2003). Les crues des affluents sont souvent décalées dans le temps mais elles contribuent à augmenter les débits propagés.

Sur le cours du Rhône aval, en dehors des crues qui se propagent sans renforcement depuis Lyon-Valence en pratiquement 2 jours, les réactions se manifestent dans le Rhône en une douzaine d'heures après les épisodes de pluie.

Principaux secteurs hydrographiques du Rhône

Secteur	Affluents et zones d'expansion impactant fortement le régime du Rhône	Noeuds hydrographiques
Rhône-amont du Léman au Fier	L'Arve	Confluence Fier
Rhône-amont du Fier au Guiers	Le Fier – Plaine de Chautagne	Confluence Guiers
Rhône-amont du Guiers à l'Ain	Le Guiers – Plaine de Brangues-Le Bouchage	Confluence Ain
Rhône-amont de l'Ain à la Saône (Lyon)	L'Ain – Plaine de Miribel-Jonage	Confluence Saône
Rhône-moyen de la Saône à l'Isère	La Saône, affluents du Pillat	Confluence Isère
Rhône-moyen de l'Isère à l'Ardèche	L'Isère, le Doux, L'Eyrieux, la Drôme - Plaine de Donzère-Mondragon	Confluence Ardèche
Rhône-aval de l'Ardèche à la Durance	L'Ardèche, la Cèze, l'Ouvèze – Plaine de Caderousse, Ile de la Barthelasse	Confluence Durance
Rhône-aval de la Durance au Gard	Le Gard	Confluence Gard
Rhône-aval, secteur du Delta	Plaines de Vallabrègues-Boulbon, de Beaucaire-Fourques, de Tarascon-Arles, Camargue	Mer Méditerranée

La chronologie des crues historiques du Rhône fait apparaître plusieurs phases de répétition des crues fortes et elle fait ressortir plusieurs événements très intenses qui ont été décrits par Maurice Champion notamment :

Crues historiques décrites	Régime hydroclimatique	Inondations
Novembre 1840	Crue généralisée provoquée par deux vagues de pluies océaniques et méditerranéennes extensives, avec très forte contribution de la Saône	Débordements généralisés sur l'ensemble du Rhône en aval de Lyon
Mai-juin 1856	Crue généralisée provoquée par une conjonction de pluies océaniques et méditerranéennes	Débordements généralisés, notamment à Lyon, Avignon et en Camargue suite à des ruptures de digues

	extensives	
Novembre 1935	Crue à forte composante méditerranéenne extensive impactant surtout le Rhône aval	Débordements plus importants en allant vers l'aval, notamment à Avignon
Février 1990	Crue océanique sur le Rhône-amont avec composante nivale	Débordements généralisés jusqu'à la confluence de l'Ain, puis débordements importants en amont de Lyon
Octobre 1993	Crue océanique résultant de l'accumulation des crues modérées des affluents	Débordements dans les principales zones d'expansion du Rhône en aval de Lyon et par ruptures de digues du Petit-Rhône
Janvier 1994	Crue océanique modérée renforcée en aval suite aux pluies localement fortes sur la Drôme ou la Durance	Débordements dans les principales zones d'expansion du Rhône en aval de Lyon et par ruptures de digues du Petit-Rhône
Décembre 2003	Crue méditerranéenne extensive formée uniquement par les apports des affluents de Lyon à la mer	Débordements dans les principales zones d'expansion du Rhône en aval de Montelimar et par ruptures de digues sur le Rhône-aval (inondation d'Arles et de la rive gardoise en aval de Beaucaire)

Pour plus de détails sur les événements historiques, on pourra se reporter à l'Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (unité de présentation Rhône).

Études et méthodes mobilisées

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

Le travail de cartographie de l'aléa attendu sur les TRI de Lyon, Vienne, Valence, Montélimar et Avignon repose sur une méthode commune et homogène sur le Rhône qui comporte trois étapes (seul le TRI d'Arles fait l'objet d'une méthode spécifique du fait de la configuration deltaïque particulière).

1. Traitements statistiques des données historiques pour déterminer les scénarios hydrologiques des crues faible, moyenne et extrême

Les séries de cotes et débits des crues du Rhône sont connues durant des intervalles de temps variables selon les stations à Pougny, Bognes, Lagnieu et Lyon-Perrache sur le Rhône-amont, puis à Ternay, Valence, Viviers, Avignon (Roquemaure) et Beaucaire-Tarascon sur le Rhône-aval.

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

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU RHONE AVAL

RANG	TERNAY 1895-2001			VALENCE 1855-2001			VIVIERS 1910-2001			AVIGNON (1845-1994)			BEAUCAIRE 1856-1999		
	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s
1	26/02/1957		5320	31/05/1856	7.00	8300	09/10/1993	4.85	7715	03/12/2003		10700	04/12/2003		11500
2	16/02/1928		5120	01/11/1896	6.11	7400	02/12/2003	4.92	7700	31/05/1856	7.83	10400	31/05/1856	7.95	11640
3	01/01/1955		5075	08/10/1993	5.30	6700	07/01/1994		7588	08/01/1994	7.20	9000	08/01/1994		11006
4	26/11/1944		4850	11/11/1886	5.77	6620	17/11/2002	4.71	7500	14/11/1935	7.32	8710	12/11/1886	7.55	10200
5	02/11/1896		4830	26/11/1944	5.75	6620	21/11/1951		6660	30/09/1900	6.94	8650	10/10/1993		9800
6	25/12/1918		4830	16/11/2002	5.22	6600	14/06/1941		6470	22/11/1951	7.27	8270	14/11/1935	7.68	9600
7	23/03/2001	5.84	4780	17/02/1928	5.66	6480	20/01/1955		6320	10/10/1907	6.83	8270	22/11/1951	7.64	9170
8	27/05/1983		4756	19/01/1955	5.70	6300	27/11/1944		6180	09/10/1993	6.39	8200	21/10/1872	6.87	9080
9	05/01/1936		4700	26/12/1918	5.54	6100	23/03/2001	3.96	6162	12/11/1886	6.55	8125	02/11/1896	7.00	9060
10	12/02/1945		4690	03/01/1883		6040	13/11/1935		6000	02/11/1896	6.64	8115	13/11/1996		8981
11	17/11/2002	5.67	4613	23/03/2001	4.88	6022	18/02/1928		5975	07/12/1910	6.43	7925	30/09/1900	7.08	8940
12	30/12/1923		4570	06/01/1936	5.40	5830	28/02/1957	4.00	5900	21/10/1872	6.26	7820	01/01/1889	6.83	8780
13	10/10/1993	5.73	4417	18/05/1983	4.65	5690	11/12/1954		5860	06/01/1919	6.68	7725	11/11/1976		8690
14	21/01/1910		4380	27/02/1957	5.40	5680	19/05/1983	3.77	5850	19/10/1846	5.80	7440	08/12/1910	7.02	8660
15	17/02/1990	5.65	4354	31/12/1923	5.30	5630	07/01/1936		5800	29/10/1882	6.07	7265	10/11/1907	6.83	8500
16	23/11/1992	5.64	4309	02/12/2003	4.60	5600	13/11/1996		5795	22/12/1958	6.70	7110	29/10/1882	6.60	8390
17	16/01/1899		4230	13/11/1935	5.23	5470	05/01/1919		5770	11/11/1976	6.00	7080	06/01/1919	6.80	8280
18	19/12/1981		4186	05/01/1919	5.19	5450	26/12/1918		5725	15/04/1847	5.37	7040	24/10/1977		8125
19	01/01/1919		4160	28/10/1882	5.18	5440	01/12/1910		5720	09/11/1982	5.70	7010	28/10/1864		8100
20	12/02/1977		4105	07/01/1994	4.48	5380	10/10/1988		5655	08/10/1960		6950	09/11/1982		8025
21	14/11/1935		4100	18/12/1981	4.20	5376	04/05/1977		5480	28/10/1864	5.70	6920	19/12/1997		8020
22	06/11/1939		4090	23/11/1992		5328	23/11/1992		5464	29/11/1944	6.40	6750	08/10/1960	6.98	7960
23	08/01/1982		4045	18/01/1899	5.10	5300	20/11/1950		5460	22/01/1955	6.49	6710	22/12/1958		7920
24	23/02/1999	5.22	4040	11/04/1922	5.07	5280	23/03/1937		5400	03/01/1936	6.39	6570	21/05/1917	6.56	7850
25	28/12/1925		4030	02/06/1877		5235	06/10/1960		5390	12/10/1988		6450	03/01/1936	6.82	7820
26	05/09/1956		3960	20/12/1910	5.06	5220	18/11/1940		5390	22/04/1848	5.25	6445	23/10/1891		7800
27	12/04/1922		3940	01/01/1924		5220	15/02/1945		5375	22/10/1891	5.55	6400	27/02/1978		7800
28	26/02/1995	5.05	3883	15/03/1876	5.02	5200	08/05/1932		5375	09/12/1977	5.67	6360	06/10/1924		7600
29	09/03/1914		3870	17/02/1990		5189	31/12/1923		5375	07/11/1963	6.36	6320	21/10/1855		7550
30	27/11/1950		3840	03/11/1859		5160	17/02/1990		5345	30/10/1853	5.18	6290	04/11/1914		7480
31				01/04/1902		5120	14/03/1931		5340						

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

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU RHONE AMONT										
RANG	POUGNY 1925-2002		BOGNES 1853-2002		LAGNIEU 1891-2002			LYON MORAND 1900-2001		
	Date	Q en m3/s	Date	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s
1	01/01/1944	1520	20/01/1905	2000	16/02/1990	6.02	2445	24/11/1944	6.02	4250
2	15/11/2002	1410	20/01/1910	2000	11/11/1944		2400	16/02/1928	6.10	4150
3	14/05/1999	1300	23/12/1918	1920	25/12/1918		2100	25/12/1918	5.90	3900
4	22/09/1968	1280	03/10/1888	1900	22/01/1910		2090	26/02/1957	5.22	3700
5	08/07/1980	1250	30/05/1856	1800	16/02/1928		2025	21/01/1910		3550
6	01/01/1954	1230	25/09/1863	1800	16/01/1899		1995	12/02/1945	5.00	3420
7	01/01/1951	1220	06/08/1914	1700	18/01/1955		1950	28/12/1925	5.00	3250
8	15/10/1981	1200	15/02/1990	1685	26/02/1957		1820	16/02/1990	3.70	3230
9	01/01/1952	1170	19/10/1855	1640	23/11/1992	4.83	1797	30/12/1923	4.95	3210
10	01/01/1950	1150	24/05/1878	1625	27/09/1927		1785	19/01/1955	4.56	3150
11	01/01/1955	1150	15/01/1899	1550	13/10/1988		1784	01/03/1914	4.98	3120
12	14/02/1990	1145	26/09/1896	1540	17/11/2002	4.60	1775	14/11/1950	4.53	3060
13	01/01/1927	1140	24/11/1944	1525	09/10/1993	4.77	1750	20/11/1939	4.45	2920
14	29/06/1974	1130	25/09/1927	1520	27/09/1896		1720	09/10/1993	3.43	2825
15	01/01/1960	1120	15/11/2002	1500	30/12/1923		1645	01/12/1913	4.58	2810
16	29/06/1970	1110	04/11/1859	1500	22/12/1991		1644	17/11/2002	3.29	2800
17	01/01/1930	1100	15/06/1889	1500	23/03/2001	4.38	1626	05/01/1936	4.30	2800
18	01/01/1936	1090	22/09/1968	1500	19/11/1939		1585	27/09/1927	4.32	2760
19	16/05/1983	1090	06/01/1982	1490	27/12/1916		1585	04/09/1956	4.05	2760
20	08/07/1996	1085	06/08/1875	1470	08/08/1914		1585	01/02/1916	4.45	2750
21	08/06/1987	1075	14/07/1879	1470	12/02/1977		1580	23/11/1992	3.30	2745
22	10/10/1988	1075	16/05/1983	1450	08/05/1933		1580	23/12/1991	3.08	2683
23	22/03/2001	1074	27/12/1882	1440	08/05/1932		1580	06/10/1935	4.12	2670
24	01/01/1982	1070	09/02/1955	1430	04/02/1897		1575	16/11/1940	4.08	2670
25	01/01/1946	1060	18/05/1877	1420	01/01/1952		1575	10/04/1922	4.25	2660
26	10/02/1977	1050	26/12/1916	1400	22/06/1987		1564	06/03/1931	4.15	2660
27	06/10/1993	1046	07/09/1946	1390	27/02/1995		1564	17/05/1983	3.48	2645
28	01/01/1931	1037	24/04/1880	1380	17/05/1983		1562	31/03/1902		2620
29	17/07/1973	1020	15/10/1981	1380	28/12/1925		1560	13/12/1961	3.85	2620
30	01/01/1943	1000	25/02/1957	1370	31/03/1902		1555	14/03/2001	3.02	2550

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

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

Station Débit (m ³ /s)	Pougny	Bognes	Seysssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire- Tarascon
Débit de la crue caractéristique décennale (Q10)	1180	1450	1430	1720	1810	3120	4450	5620	6100	8400
Débit de la crue caractéristique centennale (Q100)	1470	1920	1940	2150	2400	4230	6000	7510	8120	11300
Débit de la crue caractéristique exceptionnelle	1800	2375	2450	2570	2970	5310	7310	9370	10100	14160

Débits caractéristiques issus du volet Hydrologie de l'Etude globale Rhône (EGR)

L'actualisation de l'hydrologie EGR (datant de 2000) est réévaluée sur les stations du Rhône-aval de Viviers et Beaucaire pour intégrer la série des années 2000 à 2012 comprenant plusieurs crues, dont celle de 2003. Compte tenu de l'importance de la série disponible en 2000, il n'est toutefois pas attendu une évolution notable des débits caractéristiques mentionnés plus haut.

En application de la circulaire du 16 juillet 2012 relative à la mise en oeuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, trois scénarios hydrologiques sont définis sur le Rhône :

- **crue faible** : scénario hydrologique Q 30 homogène sur chaque TRI ;
- **crue moyenne** : scénario hydrologique d'une crue généralisée type 1856 (scénario lissé pour qu'il soit homogène sur chaque TRI) qui correspond à une période de retour entre 100 et 200 ans selon les secteurs. A l'amont immédiat de Lyon, c'est la crue historique de 1944 qui est retenue avec une période de retour proche de la centennale. La crue moyenne correspond à la crue de référence des Plans de prévention des risques d'inondation (PPRi) ;
- **crue extrême** : scénario hydrologique d'une crue millénaire.

Exemple de détermination du scénario hydrologique de la crue moyenne :

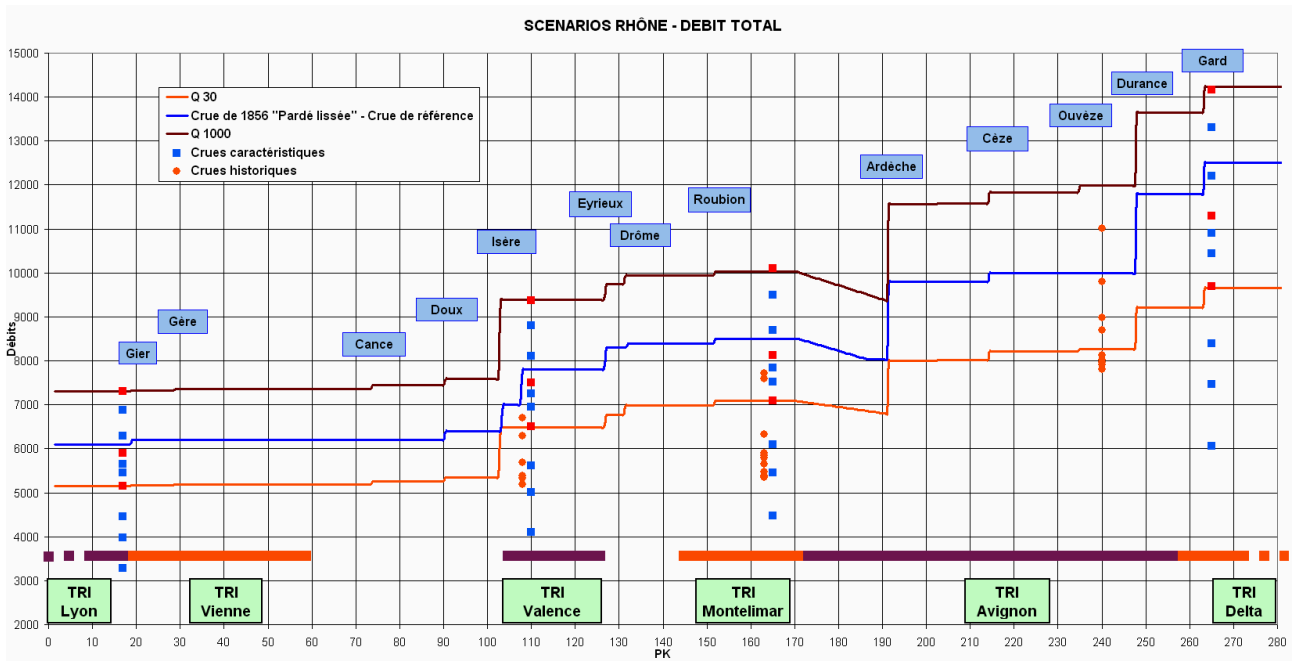
La première étape a consisté à affiner le scénario hydrologique de la crue de 1856. En effet, les données de référence pour cette crue sont établies uniquement aux principales stations historiques de Givors, Valence, Viviers et Beaucaire, ainsi que sur les principaux affluents : Arve, Ain, Saône, Isère,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

Pour pouvoir calculer la ligne d'eau de cette crue en situation actuelle, un scénario de crue plus complet a donc été reconstitué. Il s'agit d'un scénario de crue équivalent en importance (dit «1856 Pardé-lissé » par la suite), construit en partant du débit historique de 6100m³/s à la confluence Rhône-Saône pour obtenir le débit historique de 12500m³/s à Beaucaire :

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

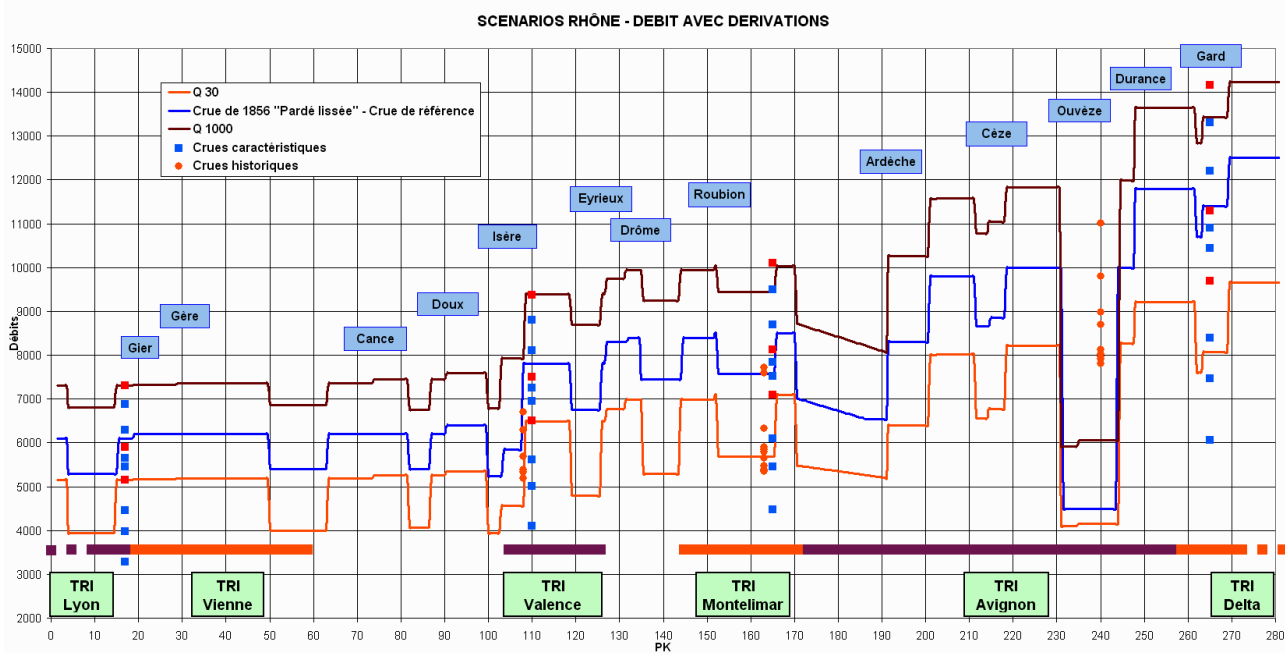
Le tableau et le graphique suivant montrent comment évoluent, d'amont en aval, les débits des trois scénarios de crue à chaque confluence importante avec l'indication de l'apport de ces affluents principaux.

Station Débit (m ³ /s)	Lyon Perrache Lyon Pont-Morand	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire-Tarascon
Débit de la crue faible	3650 / Q30	5150 / Q30	6500 / Q30	7100 / Q30	9650 / Q30
Débit de la crue moyenne - 1856	4230 / Q30	6100 / Q130	7800 / Q150	8500 / Q160	12500 / Q230
Débit de la crue exceptionnelle	5300 / Q1000	7300 / Q1000	9400 / Q1000	10000 / Q1000	14150 / Q1000



Les aménagements hydroélectriques CNR sont caractérisés par leur débit d'équipement ou débit total turbinable. En crue, il est possible de faire transiter la quasi totalité de ce débit dans le canal usinier (sauf cas particuliers comme dans l'aménagement de Donzère ou l'aménagement de Vallabrègues). Cependant il est nécessaire de considérer des hypothèses de fonctionnement dégradé, comme cela a été fait pour définir l'aléa de référence.

Les hypothèses prises consistent à limiter les débits dérivés dans les canaux usiniers proportionnellement au débit de la crue : 70 % pour la crue faible, 50 % pour la crue moyenne et 30 % pour la crue exceptionnelle.



2. Le recours à un modèle hydraulique 1D à casiers pour calculer la ligne d'eau en lit mineur

Pour chaque scénario hydrologique qui renseigne la progression des débits de l'amont à l'aval, les niveaux d'eau en lit mineur sont calculés à partir d'un modèle hydraulique produisant les trois lignes d'eau des crues faible, moyenne et extrême selon des profils du Rhône espacés de 100m environ. Le calcul des lignes d'eau en lit mineur a été effectué en utilisant le modèle calé pour l'Étude Globale sur le Rhône, avec des hypothèses de fonctionnement dégradé des aménagements hydroélectriques en période de crue (précisées pour chaque scénario précédemment).

Ce modèle hydraulique disponible permettant de calculer les lignes d'eau de crue est celui qui est mis en œuvre et actualisé par la CNR depuis l'entrée du Rhône en France jusqu'au barrage de Vallabrègues. Dans le cadre de la convention d'utilisation partagée de ce modèle entre la CNR et l'Etat, les services de l'Etat (DREAL Rhône-Alpes) procèdent aux modélisations nécessaires pour définir les lignes d'eau des trois scénarios de crue Q 30, Q1856 et Q1000. Il s'agit d'un modèle filaire à casier (1D) utilisant le code de calcul CRUE de la CNR. Il est régulièrement actualisé par la CNR en intégrant notamment les données bathymétriques qui sont régulièrement relevées ainsi que les données hydraulique (mesures de débits).

De Beaucaire à la mer, le modèle disponible est celui qui a été mis en œuvre pour le volet hydraulique de l'Étude globale sur le Rhône par le bureau d'étude Egis-Eau. Il s'agit également d'un modèle à casier 1D qui utilise le code de calcul STREAM développé par Egis-Eau.

Ces deux modèles ont été actualisés après la crue de décembre 2003 sur le secteur en aval de Viviers.

Considérations sur les modèles hydrauliques : ces modèles sont construits à partir des données topographiques et bathymétriques disponibles. Les modèles sont calés, après construction, sur les relevés effectués pendant une crue. Ainsi, un nouveau modèle serait calé sur les mêmes observations que celles qui ont été utilisées pour les modèles existant et les résultats de calcul seraient très voisins. Par ailleurs, la construction et le calage d'un nouveau modèles représente une opération longue, également tributaire de la disponibilité des données. Ceci a justifié que les résultats des modèles existant soient retenus comme suffisamment représentatifs des conditions actuelles d'écoulement. Par ailleurs, les résultats de ces calculs, qui correspondent à chaque scénario hydrologique et à des hypothèses de calcul bien précis, doivent être utilisés de manière raisonnée. Les cartographies de l'aléa sont en effet élaborés dans un objectif de prévention et n'ont pas pour objet la prédiction exacte des phénomènes de crues.

3. Par croisement avec la topographie, détermination de l'enveloppe inondable dans le lit majeur et les hauteurs d'eau

Le modèle hydraulique existant sur le Rhône est d'abord construit pour la gestion du lit mineur; il calcule une ligne d'eau en de nombreux profils du lit mineur, et uniquement des niveaux moyens dans les casiers d'inondation. Ces casiers d'inondation sont construits pour représenter correctement les volumes dans le lit majeur. Du fait de leur taille adaptée à la modélisation de grands linéaires du Rhône, ils ne permettent pas de tracer directement l'enveloppe de la zone inondable car les données calculées ne renseignent pas sur les pentes de niveau d'eau à l'intérieur de ces casiers.

L'aléa des crues faible, moyenne et extrême est obtenu par projection horizontale de la ligne d'eau en lit mineur sur le lit majeur pour délimiter la zone inondable en utilisant les données topographiques disponibles. Cette projection est réalisée en prenant en compte le fonctionnement hydraulique (intrados ou extrados, largeur de la zone d'expansion), ainsi que les zones partiellement protégées par des ouvrages où l'inondation se produit par remontée depuis un point de débordement situé en aval. Le mode de projection horizontale constitue une hypothèse correspondant à une crue de longue durée, ce qui se justifie par les objectifs de prévention de la cartographie de l'aléa.

D'aval en amont du Rhône, des cartes schématiques présentent les données de niveaux d'eau qui permettent de déterminer l'enveloppe inondable de référence à partir du croisement entre ces niveaux

d'eau et la topographie ; ces niveaux d'eau issus des modélisations hydrauliques sont rattachés aux objets suivants :

- des profils renseignant sur les niveaux en lit mineur, représentés par des droites de projection
- des zones de remontée par l'aval où le niveau d'eau calculé au point de communication avec le lit mineur est appliqué horizontalement
- des casiers représentant soit le niveau en lit mineur, soit les niveaux en lit majeur.

Le croisement entre ces données et la topographie fournie par la base de données topographiques du Rhône de l'IGN de 2010 (précision du MNT : 1 point tous les 2m et précision à 20cm sur la cote z) ou par le MNT utilisé pour la cartographie du PPRi dans les secteurs non couverts par la BDT Rhône permet de déterminer avec une grande précision les hauteurs d'eau en tout point de l'enveloppe inondable. Pour le Rhône, les crues sont relativement lentes et les vitesses d'écoulement sont significatives dans le « lit majeur actif » comprenant l'espace de mobilité récent (géologiquement) du Rhône, mais les vitesses d'écoulement deviennent moins importantes dans les zones fonctionnant comme des casiers d'inondation et a fortiori dans les zones de remontée par l'aval. Par ailleurs, les modèles 1D ne calculent pas les vitesses en tous points du lit mais uniquement des vitesses moyennes aux profils et aux liaisons entre casiers. On ne recherche donc pas à prendre en compte la vitesse d'écoulement des eaux comme un facteur aggravant. L'aléa est représenté selon 4 classes de hauteur :

- 0-0,5m ;
- 0,5-1m ;
- 1-2m ;
- supérieur à 2m.

Méthode spécifique sur le delta du Rhône

A la différence de la méthode utilisée pour déterminer l'aléa des trois scénarios sur l'essentiel du cours du Rhône à partir des niveaux en lit mineur et de l'analyse des conditions de débordement en lit majeur, en aval de Beaucaire-Tarascon et dans le secteur de Camargue, la configuration du lit majeur du Rhône « en toit », nécessite une méthode adaptée. En effet, l'espace deltaïque est caractérisé par une pente très faible du fleuve et des apports solides importants d'alluvions et de sédiments à l'origine de la formation du delta. Naturellement, le fleuve forme alors plusieurs méandres et tend à divaguer sur son delta. L'intervention de l'homme a très tôt consisté à tenter de fixer le lit du Rhône à l'aide d'endigements, provoquant également une élévation du lit mineur par rapport au lit majeur.

Cette morphologie en toit explique que toutes les crues importantes se sont accompagnées de ruptures de digues en général imprévues et assez aléatoires générant le déversement de volumes importants dans le delta du Rhône : inondation généralisée du delta en 1856, inondation de la Camargue insulaire et de la Grande Camargue en 1993, inondation de la Camargue insulaire et de la Camargue Gardoise en 1994, inondation de la plaine d'Aramon en 2002, inondation de la Camargue Gardoise et d'Arles en 2003.

Selon la circulaire du 16 juillet 2012, l'aléa dans le lit majeur protégé par des digues doit correspondre à une propagation de la crue avec l'effacement complet des digues pour les crues moyenne et extrême. Ces digues constituent un seul système de protection opérant pour chacune des rives sur l'ensemble du lit majeur. Dans la configuration « en toit » du delta du Rhône, l'effacement des digues conduit à une situation très particulière : le débit du lit mineur se déverse rapidement en rive droite et en rive gauche à l'entrée du Delta (immédiatement en aval de Beaucaire-Tarascon) et un volume considérable recouvre ce secteur; plus en aval, le niveau du Rhône est très abaissé et il n'y aurait plus que des débordements très limités, notamment en Camargue insulaire. Cette méthode s'avère peu adaptée aux zones de delta.

Pour déterminer l'aléa de chaque scénario en prenant en considération le mode de propagation particulier des crues dans le delta du Rhône, la méthode se décline pour les trois scénarios :

Pour la **crue faible**, les digues de protection sont considérées comme résistantes compte tenu des faibles charges auxquelles elles sont exposées. Il n'y a aucun débordement sur le TRI au-delà des ségonaux. Les hauteurs de submersion dans cet espace proviennent de l'exploitation des résultats de la modélisation d'une crue très proche de la crue trentennale dans le cadre de l'étude de calage réalisée par le SYMADREM.

On distingue cependant la situation aux embouchures du Grand-Rhône et du Petit-Rhône (rive droite) où les endiguements sont inexistantes. Les niveaux de submersion des terrains non protégés sont très fortement dépendants des hypothèses de niveau marin. La cartographie de la crue faible présentée est donc à considérer comme un cas de figure parmi les possibles. Par ailleurs, l'aléa submersion marine reste prépondérant sur ces secteurs. et ce choix n'influe pratiquement pas sur l'analyse des enjeux compte tenu de la nature de l'occupation du sol.

Pour la **crue moyenne** sur l'hydrogramme de la crue de 1856 à Beaucaire et sur le modèle à casiers de Beaucaire à la mer, élaboré dans le cadre de l'étude globale Rhône (EGR) et actualisé après la crue de décembre 2003, permettant de simuler la réalité des écoulements actuels. Pour rendre compte des ruptures de digues systématiques en cas de crues sans multiplier à l'infini des scénarios qui seraient propres à chaque ouvrage de protection, l'étude Egis-eau sous maîtrise d'ouvrage de la DIREN de Bassin (2009), a consisté à modéliser des ensembles de déversements à partir des retours d'expériences historiques sur les brèches constatées sur trois secteurs traités de manière indépendante :

- secteur A : inondation de la Camargue gardoise,
- secteur B : inondation de la Camargue insulaire,
- secteur C : inondation de la rive gauche du Rhône.

Enfin, sur la base des mêmes hypothèses de déversement sur les trois secteurs (Camargue gardoise, Ile de Camargue, Rive gauche Grand Rhône), l'hydrogramme de la **crue millénaire** a été modélisé (étude DREAL de Bassin – Egis Eau, 2013).

Sur chacun des trois secteurs, une unique modélisation globale et homogène vise à représenter dans la plaine des volumes d'eau comparable à ceux observables pour une crue de type 1856. Au regard de la complexité du fonctionnement hydraulique et de la multitude de possibilités de brèches qui peuvent se former en cas de crue, plusieurs scénarios ont été testés sur chacun des trois secteurs A, B, et C. Les caractéristiques des brèches (nombre, dimensions, vitesses de rupture) ont été basées sur l'analyse des scénarios historiques. Les niveaux de submersion sont observés à une distance raisonnable des digues pour obtenir un lissage des effets localisés résultant de la position du déversement. Ils sont également alimentés par les déversements linéaires modélisés sur l'ensemble des digues dont le niveau de protection est inférieur à la cote du Rhône en lit mineur. Le résultat de cette modélisation a donc fourni pour chacun des casiers identifiés dans le modèle un niveau NGF correspondant au niveau maximal atteint par les eaux pendant la durée du scénario de crue de référence. Ces modélisations permettent de représenter la synthèse des enveloppes historiques (crue de 1840, 1856...), dont le périmètre est relativement bien connu à partir du Plan des zones inondables (PZI) de 1911. L'étude renseigne, de plus, les niveaux d'eau que l'on constaterait aujourd'hui pour des volumes déversés comparables à ceux de la crue de 1856. La comparaison de ces niveaux de submersion et de la topographie la plus récente fournit les hauteurs d'eau et les classes de hauteur de l'aléa.

La synthèse des résultats sur les trois secteurs A, B et C doit être lue de la manière suivante : « pour chaque point de la zone inondable et dans une configuration particulière - mais réaliste - de ruptures de digues, la crue de référence peut provoquer des hauteurs d'eau correspondant à celles indiquées sur la carte d'aléa. » Par contre, une seule crue comparable à la crue de référence ne provoquera pas de telles

hauteurs d'eau simultanément en tout point de la carte d'aléa couvrant les trois secteurs. Enfin, les niveaux de submersion calculés sont significativement différents des niveaux de crue en lit mineur – niveaux inférieurs du fait de la configuration de lit en toit - et correspondent mieux aux objectifs de prévention.

L'étude a aussi permis de modéliser les effets de chaque brèche prise isolément. Les résultats sont localement comparables à ceux correspondant à des brèches multiples, par contre, ils rendent mal compte de la situation globale des écoulements à l'échelle d'un secteur, du fait de l'insuffisance des volumes déversés à travers une seule brèche. Enfin, parmi les différents scénarios à brèches multiples qui ont été modélisés, les résultats sont convergents, à quelques dizaines de centimètres près pour des hauteurs d'eau importantes, de plus d'1m50. En effet, il est à noter que ce sont les volumes déversés plutôt que la localisation des déversements qui ont un impact sur l'aléa.

Ainsi, les scénarios à brèches multiples parviennent à synthétiser les scénarios qui modéliseraient chaque brèche isolément.

Aléa à l'extrémité Ouest du modèle (Grau du Roi et Aigues Mortes)

L'aléa calculé selon cette méthode sur les casiers à cette extrémité du delta est extrêmement sensible aux volumes déversés par le petit Rhône, et un phénomène d'accumulation de ces volumes peut avoir lieu en considérant un temps assez long de propagation.

Ce constat amène donc à la conclusion que l'aléa affiché pour la prévention dans ces secteurs, et conformément aux modélisations réalisées avec d'autres hypothèses de déversements sur le petit Rhône, pourra être égal à 2 m NGF sans remettre en cause les autres niveaux affichés dans les casiers situés en rive droite du petit Rhône.

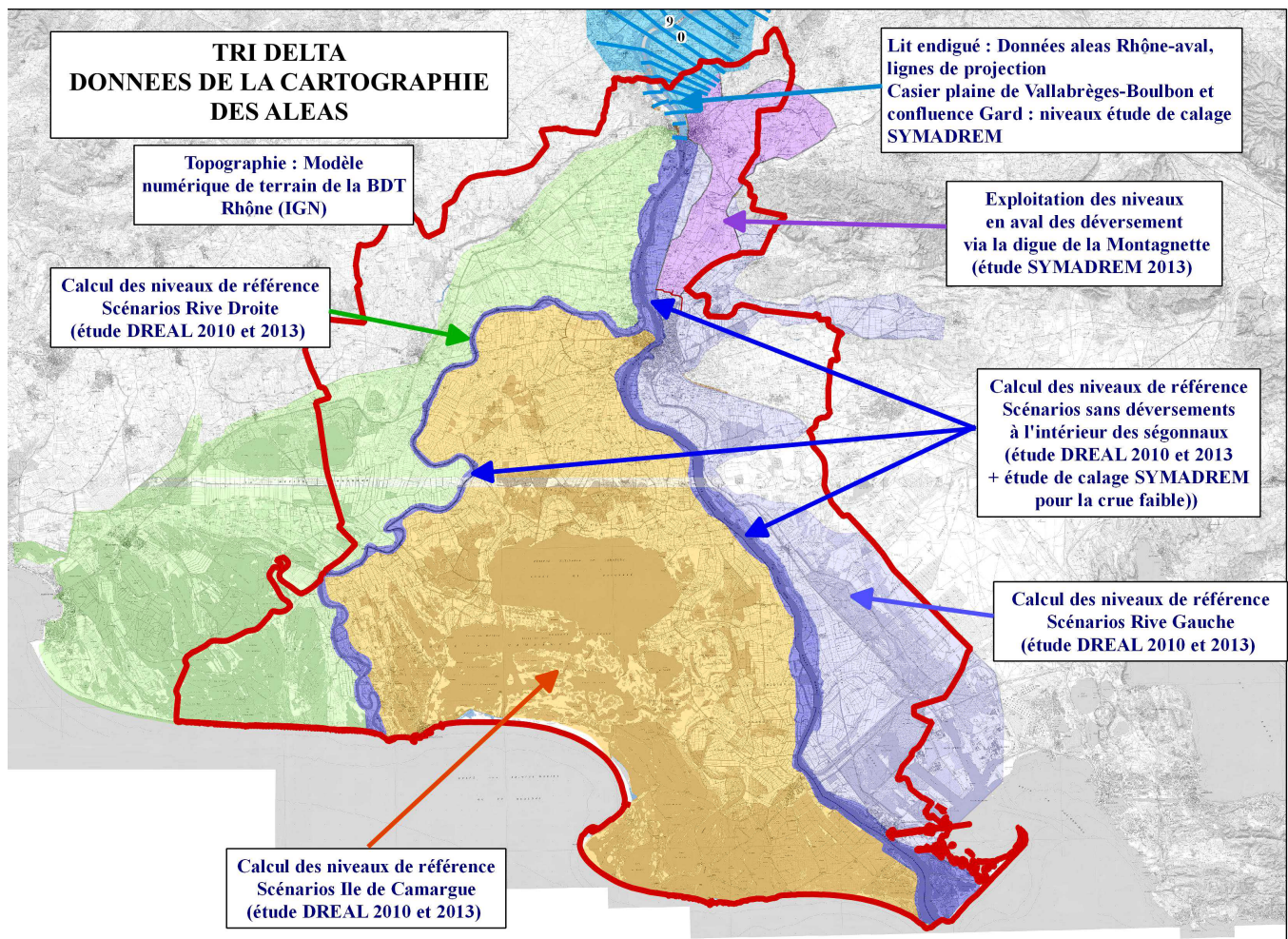
Secteur nord de Tarascon en aval de la digue de la Montagnette

Ce secteur n'est pas couvert par le modèle de la Camargue (Egis-Eau), ni par le modèle CNR 1D-CRUE. Les données de niveau d'eau utilisées pour déterminer les enveloppes d'inondation et les classes de hauteurs d'eau proviennent des modélisations réalisées par le SYMADREM dans le cadre des études sur les ouvrages dont il a la gestion.

Cote en ségonal

Le scénario maximisant pour les lignes d'eau à l'intérieur des ségonaux du Rhône a été logiquement obtenu dans un scénario sans simulation de brèches dans les digues, soit avec les seuls déversements au droit des points bas des digues actuelles : les niveaux calculés déterminent l'aléa spécifique dans les ségonaux.

La carte suivante présente les méthodes et études utilisées pour cartographier l'aléa Rhône sur le TRI Delta.



Ouvrages pris en compte

Conformément à la doctrine Rhône et à la circulaire de juillet 2012, les secteurs endigués restent exposés au risque d'inondation pour les crues moyennes et extrêmes du fait des possibles surverses voire des ruptures des ouvrages de protection.

Pour la crue faible, l'hypothèse de non défaillance des ouvrages permet de modéliser les débordements dans les seuls ségonaux.

Les digues prises en compte dans le TRI Delta ne sont pas des ouvrages de type barrage (cf. infra) car elles sont toutes situées à l'aval de l'aménagement de Vallabrègues qui est le dernier aménagement hydroélectrique du Rhône.

Ces digues constituent des systèmes continus de protection (rive gauche, rive droite et île de Camargue) avec les autres ouvrages en remblai bordant le Rhône : quais des villes de Tarascon, Beaucaire, Arles, Port-Saint-Louis ; sites industrialo-portuaires de Beaucaire, Tarascon et Arles ; embouquement des écluses VNF ; remblai ferroviaire Tarascon-Arles.

Ce système fait l'objet du programme de sécurisation mené actuellement par le SYMADREM, mais la situation cartographiée correspond encore à l'état actuel des ouvrages.

L'implantation des digues et remblais est souvent éloignée des berges, ce qui ménage des ségonaux qui sont plus ou moins larges. Ces ségonaux font l'objet d'hypothèses spécifiques.

Sur Beaucaire, l'hypothèse d'une défaillance de la digue de la Banquette pour la crue forte n'a pas été modélisée faute de données disponibles. Cependant, la réalisation de l'étude de danger relative aux obligations réglementaire du décret de décembre 2007 permettra de compléter la cartographie pour la crue forte.

Cas particulier des aménagements hydroélectriques de retenue

La morphologie du fleuve Rhône a beaucoup évolué du fait des aménagements multiples qui se sont succédé au cours du temps, on rappellera : les ouvrages de protection des villes (alignement de quais) réalisés après la crue de 1856, les épis Girardon chargés, à partir des années 1880, d'améliorer la navigation fluviale ou encore les aménagements hydroélectriques de la Compagnie nationale du Rhône après la Seconde Guerre mondiale. Le linéaire rhodanien est aujourd'hui en grande partie artificialisé, à l'image des 19 aménagements hydroélectriques exploités par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) qui jalonnent le fleuve depuis Génissiat après la frontière Suisse jusqu'à Vallabrègues, à l'amont du delta de Camargue. Le barrage de Génissiat, le plus en amont du Rhône français, est un barrage réservoir de 70 mètres de hauteur et d'une capacité totale de 53 millions de m³ (capacité utile de 12 millions de m³) qui barre totalement le lit du fleuve. Les autres ouvrages fonctionnent au fil de l'eau avec des dérivations vers les usines hydroélectriques pour tous les aménagements sauf celui de Vaugris qui ne comporte pas de dérivation. Par conséquent, si les crues historiques antérieures aux aménagements de la CNR nous enseignent certaines leçons de l'histoire longue des crues du Rhône, elles ne peuvent pas être utilisées comme des événements de référence qui pourraient se reproduire à l'identique aujourd'hui.

Il faut ajouter à ces équipements les aménagements hydroélectriques importants réalisés sur des affluents. Aucun de ces aménagement n'a de fonction de rétention des crues. Ainsi, les consignes de gestion en période de crue sont basées sur le maintien de la sécurité de ces aménagements. Selon le niveau de remplissage de la retenue avant un épisode de crue, cette gestion peut permettre de stocker une partie des débits entrant jusqu'au niveau maximal d'exploitation. Ensuite, les aménagements ont la capacité d'évacuer vers l'aval l'intégralité du débit entrant dans l'aménagement. Les principaux aménagements hydroélectriques des affluents du bassin du Rhône (Vouglans sur l'Ain, Tignes et Monteynard sur le bassin de l'Isère, Serre-Ponçon et Sainte-Croix sur la Durance) interceptent moins de 10% du bassin versant du Rhône ; ils peuvent avoir une influence sur les crues faibles du Rhône mais ils n'ont qu'une influence limitée sur les crues importantes du Rhône.

L'impact des **19 aménagements hydroélectriques sur le Rhône** (18 aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône et 1 aménagement EDF) sur le déroulement des crues n'est pas significatif, les consignes de conduite des aménagements étant basées sur les paramètres de la propagation naturelle avec un débit maximum admissible dans le canal usinier (débit d'équipement de l'usine hydroélectrique et débit des déchargeurs selon les aménagements) et un abaissement progressif du barrage dès les faibles crues pour faire passer le débit complémentaire.

Exposé de Mireille Provensal pour le Conseil Scientifique du volet « Inondations » du Plan Rhône – 26 mars 2008

Analyse hydro-géomorphologique du delta du Rhône

L'affaiblissement du profil en long (0,03%) favorise depuis longtemps (plusieurs millénaires) l'accumulation sédimentaire et l'instabilité des bras. Depuis les XIV-XVèmes siècles environ, le Rhône est fixé sur son tracé actuel : son chenal a été caractérisé par un exhaussement important, favorisé par un afflux sédimentaire grossier, qui a construit une large bande active, avec des îles mobiles et de nombreux bras. Ce style « en tresses » a été particulièrement développé entre Beaucaire et le PK 276 (bras du Pilet

et de Ranchier). Ces apports ont fait apparaître une topographie « en toit », avec des bourrelets de berge limoneux édifiés par les crues, qui dominent la plaine d'inondation de plusieurs mètres. Le delta correspond au champ d'inondation du Rhône, comme en témoignent les limites de la crue de 1856. L'affaiblissement de la pente de la plaine (< à 0,001%) explique son fonctionnement particulier, caractérisé par l'accumulation sédimentaire, l'affinement granulométrique (disparition des galets) et la mobilité latérale naturelle des bras fluviaux. Les dépôts à faciès fluviaux (levées sablo-limoneuses) et littoraux (cordons sableux) s'organisent de façon complexe en « montilles », formant des « casiers » naturels. **La propagation des inondations est dépendante de cette morphologie héritée.**

La localisation du **Grand Rhône** sur sa position actuelle, à l'aval du seuil de Terrin, date de 1711. Jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, son chenal est caractérisé par la présence de nombreux bancs ou îles mobiles, débouchant en mer par 3 embouchures en avancée rapide (80 m/an), qui posent de graves problèmes de gestion pour la navigation. La réduction volontaire du nombre des embouchures a permis une meilleure évacuation de l'eau et des sédiments à partir de 1895. Depuis 150 ans, le chenal est caractérisé par une tendance générale à la simplification et à l'approfondissement (jusqu'à 5 ou 6 m, correspondant à une érosion de 20.000 à 100.000 m³/an), qui témoignent de sa bonne capacité d'évacuation sédimentaire. La débitance a été globalement améliorée, avec des valeurs variables sur les seuils (plus stables) et les mouilles (plus mobiles).

Le Petit Rhône est caractérisé par un chenal unique à méandre. Cette configuration est sans doute associée à une charge solide peu abondante et fine et à un profil en long très affaibli par la longueur du bras. Elle favorise **l'apparition de brèches, quasi systématiques lors des crues depuis 2 siècles** (recensées par le SYMADREM), **et sans doute depuis une période beaucoup plus longue** (carte géologique). La débitance de ce bras a également beaucoup évolué depuis 150 ans : le bilan de l'incision du chenal (9,7. 10⁶ m³), favorisée par les déflecteurs latéraux installés au début des années 1970 entre le défluent et l'écluse), et du colmatage des berges (4. 10⁶ m³) est négatif (- **5,710⁶ m³**), **correspondant à une amélioration globale de la débitance.**

3.3 - Submersions marines (CETE Méditerranée)

Principales caractéristiques des phénomènes

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone littorale par la mer dans des conditions météorologiques défavorables. La submersion peut avoir lieu soit par débordement, lorsque le niveau marin est supérieur au terrain naturel ou au-delà de la crête des ouvrages, soit par franchissement de paquets de mer, et/ou par rupture du système de protection, lorsque les terrains à l'arrière sont sous le niveau marin. On peut aussi noter des inondations du littoral par remontée de nappe lorsque comme en Méditerranée, le niveau marin reste fort plusieurs jours.

Dans les zones basses étendues composées de marais et d'étangs de superficie importante, comme en Camargue, le vent a une influence sur la submersion en poussant l'eau des étangs vers la direction du vent et provoquant des débordements des étangs.

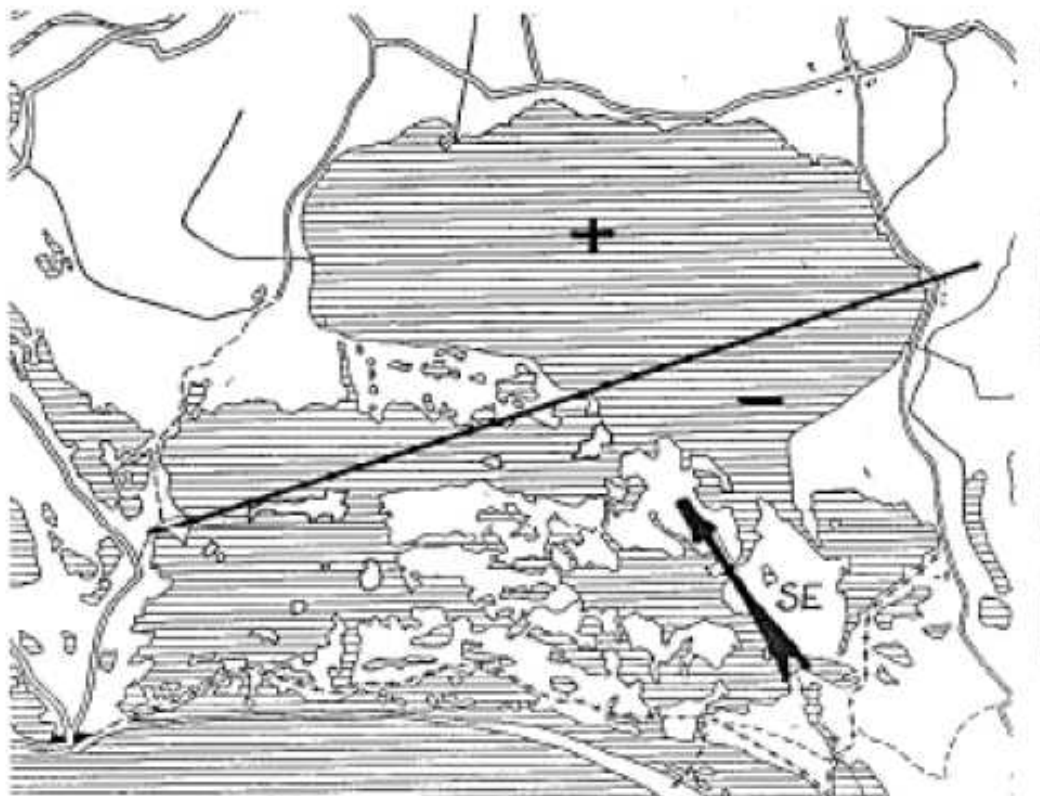


Figure 1 : Position de l'axe de basculement des eaux du Vaccarès sous l'effet du vent de Sud-Est (source : Heurteaux 1988)

Cette particularité et la complexité qui en résulte sont montrés sur le retour d'expérience de la tempête de 1982 réalisé par la Compagnie des Salins du Midi (cf Figure 2).

C. S. M. E.
AIGUES - MORTES
Prod. RD/MCB

NIVEAU DES EAUX DANS LES ETANGS LITTORAUUX
LORS de la TEMPETE des 6, 7 et 8 Novembre 1982

Après examen des traces laissées par les eaux en différents points de la digue de 2ème ligne, on peut dire :

- Dans les zones exposées au Sud Est, sur un plan d'eau basculé sur 1 à 2 km, la cote moyenne de ce plan d'eau contre la digue a atteint 1,45 m NGF.
- Dans les zones moins exposées, avec un plan d'eau soumis au vent sur 500 mètres, on a atteint 1,30 m NGF.
- Dans les zones protégées par des montilles ou des radeaux de pins, on a atteint 1,10 m NGF.
- Dans les zones exposées au Sud Est, sur un plan d'eau basculé sur 1 à 2 km, les vagues avaient contre la digue de 2ème ligne, une amplitude de l'ordre du mètre et on a mesuré des passages d'eau à des cotes supérieures à 2 m NGF (cote maxi au Casque : 2,33 m NGF).

Aigues-Mortes, le 10 Décembre 1982

Figure 2 : Courrier de la Compagnie des Salins du Midi précisant les bascules de plans d'eau observés pendant la tempête des 6, 7 et 8 novembre 1982 dans les étangs (Source : archives de la Compagnie des Salins du Midi et des Salins de l'est

La submersion marine est considérée séparément du débordement par les cours d'eau. Or une concomitance entre les deux phénomènes est fortement probable en Méditerranée car les plus forts coups de mer se produisent lors de dépressions provoquant des pluies importantes.

Études et méthodes mobilisées

La méthode choisie pour la cartographie est identique à celle retenue sur les autres TRI de la façade méditerranéenne, à savoir la superposition d'un niveau marin statique à la topographie. Cette méthode permet d'appréhender de façon simple les zones soumises à la submersion marine. En Méditerranée, façade caractérisée par un régime micro-tidal, cette méthode a du sens dans la mesure où les niveaux marins restent forts plusieurs jours contrairement aux façades macro-tidales.

Pour effectuer cette superposition et obtenir des classes de hauteur d'eau, le MNT sous forme de grille de pixels est classé en fonction des altitudes. Un premier lissage est appliqué aux pixels classés, chaque pixel est regardé un par un et la valeur de la classe la plus fréquente autour de lui est affectée. Cette opération

est effectuée 3 fois. Ensuite le raster classé et lissé est vectorisé. Les vecteurs sont aussi nettoyés de façon à ne plus avoir d'entités inférieures à 625 m².

Le MNT utilisé pour ces traitements est le MNT de la Base de Données Topographique du Rhône au pas de 2 m. Sa précision altimétrique et planimétrique est de 20cm Il couvre l'ensemble de la zone d'études.

Les niveaux marins ont été choisis à l'échelle de la Méditerranée. Les études locales qui auraient permis le cas échéant d'affiner ce niveau marin n'ont pas été considérées, par faute de temps (cf note de calcul des niveaux marins de la façade méditerranéenne).

L'extension de la submersion marine ainsi déterminée peut être importante vers l'intérieur des terres dans des zones basses comme l'est la Camargue. Il convient donc d'analyser les données et études disponibles et la topographie pour, le cas échéant, réduire l'emprise. Cependant, les zones soustraites de la submersion marine seront ou ont probablement été inondées par le Rhône.

L'état des lieux des données existantes réalisé par le CETE Méditerranée en 2007, sera en grande partie utilisé. Dans ce cadre une BD historique a été réalisée, géoréférençant entre autres les informations des tempêtes passées.

La limite côté mer n'est pas celle de la limite du TRI car celle-ci est basée sur la BD Topo et depuis le littoral Camarguais a évolué, ce qui produisait des incohérences avec le MNT utilisé. Un mixte entre la ligne 0m NGF issu du MNT et le trait de côte numérisé à partir de l'ortholittoral 2011 a été réalisé. Toutefois l'incertitude sur le trait de côte n'a que peu d'impact. Ce sont des zones sans enjeux.

Ouvrages pris en compte

Aucun ouvrage de protection contre la submersion marine n'a été pris en compte. La digue à la mer est le seul ouvrage hydraulique qui aurait pu être pris en compte. Cependant les données historiques montrent que c'est un ouvrage qui a été à plusieurs endroits détruits lors des tempêtes. La procédure de classement au sens du décret de 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques est en cours et les études de danger n'ont pas été réalisées.

Cartographie de l'événement fréquent

L'événement fréquent correspond à l'événement historique, ou causant les premiers dommages, de période de retour comprise entre 10 et 30 ans.

Un niveau marin de 1.30 m NGF a été retenu. Il est identique comme pour les autres scénarios moyens et extrêmes à ceux des TRI de Languedoc-Roussillon. En Languedoc-Roussillon, le choix du niveau marin fréquent s'appuie sur des études de submersion marine réalisées par le BRGM. Il n'existe pas sur le présent TRI de telle étude aidant à la définition du niveau marin. Par contre l'extension de la submersion marine sera confrontée aux données historiques existantes.

Plus en détails, une superposition de ce niveau marin avec la topographie a été réalisée. Les secteurs inondés ont ensuite été confrontés aux données historiques et au possible points hauts de la topographie qui peuvent faire barrière à la submersion marine, tout en considérant qu'une bascule des étangs due aux vents était possible.

Ainsi,

- la Petite Camargue est submergée pour l'aléa fréquent dans son intégralité. Sur ce secteur les informations historiques le confirment, des laisses de mer ont été relevées au delà Pin Fourcat en 1982 et dans tout l'ouest du secteur. De nombreuses brèches ont été référencées sur tout le littoral de la petite Camargue pendant la tempête de 1970 et à l'intérieur des salins pendant la tempête de 1982. De plus aujourd'hui les ouvrages côtiers (de protection contre l'érosion) en bord de mer sont en mauvais état et un recul généralisé du trait de côte est observé. L'approfondissement des fonds observé devant les ouvrages côtiers fait que la tempête future d'un même niveau sera plus

destructive, une augmentation de la profondeur d'eau provoquant des houles plus fortes.

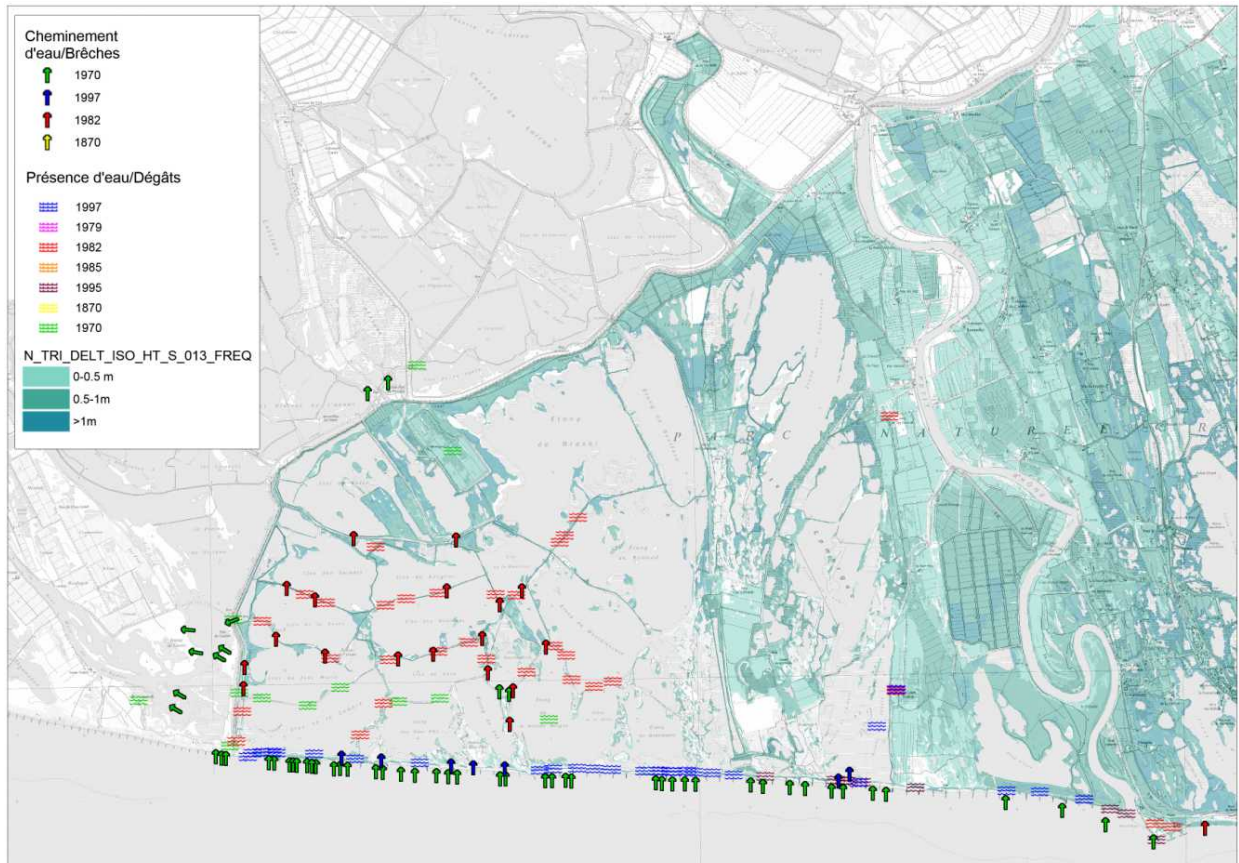


Figure 3 : BD historique et carte de l'aléa fréquent sur la Petite Camargue

- la submersion marine est considérée comme s'arrêtant au petit-Rhône. L'île de Camargue est composée de nombreux étangs qui peuvent également débordés à cause du vent provoquant des niveaux marins forts au nord de ceux-ci. Cependant le secteur du Nord du Vacarès est isolée de l'étang de Vacarès pour l'événement fréquent par la route D37 entre l'Albaron et le Mas d'Agon. A l'est du mas d'Agon, des terrains au-dessus de la cote 1.30 m NGF stoppe les débordements provenant du nord Vacarès en cas de forts vents. La ligne rouge de la figure ci-dessous montre la limite nord de la submersion fréquente

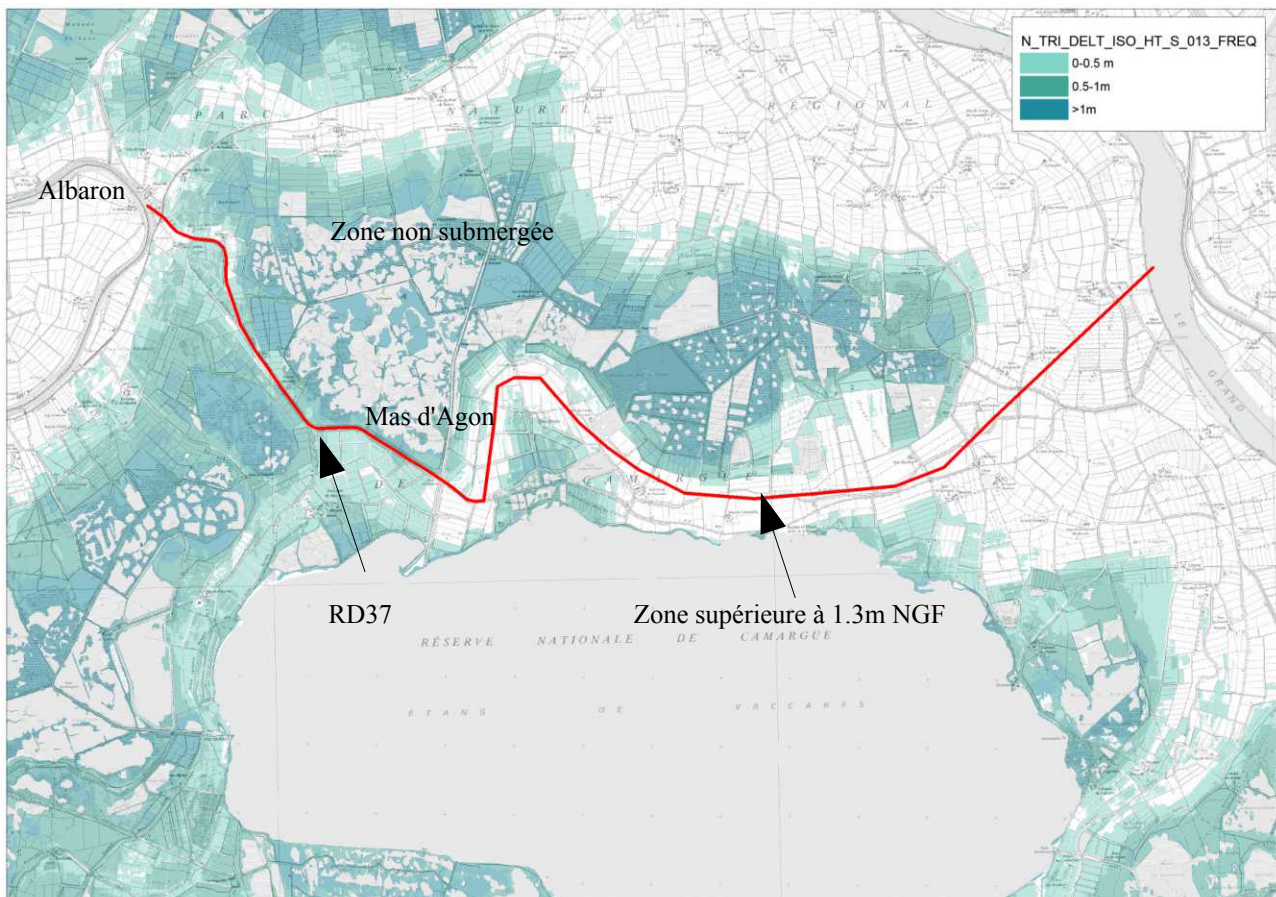


Figure 4 : Limite nord de la submersion fréquente de l'île de Camargue

- Aux Saintes-Maries de la Mer, les informations historiques datant principalement de la tempête de 1982 indiquent que le centre-ville a été inondé par la mer. Certes la tempête de 1982 est une tempête de période de retour supérieure à 30 ans mais depuis le littoral à reculer et s'est érodé. Le bord de mer est donc soumis à des houles plus fortes. Le centre-ville est dans la classe de hauteur d'eau faible, inférieure à 50 cm. La zone située au Nord des Saintes Maries de la Mer, entre le Petit-Rhône et les étangs peut être également submergée car des informations historiques sur les Salins d'Aigues-Mortes montrent qu'il est possible d'avoir des submersions marines à plusieurs kilomètres du littoral. La digue à la mer n'a pas été retenue comme barrière contre les submersions marines car les nombreux dégâts relevés et les travaux importants de confortement réalisés après la tempête de 1982 montrent que des brèches ont du se produire.

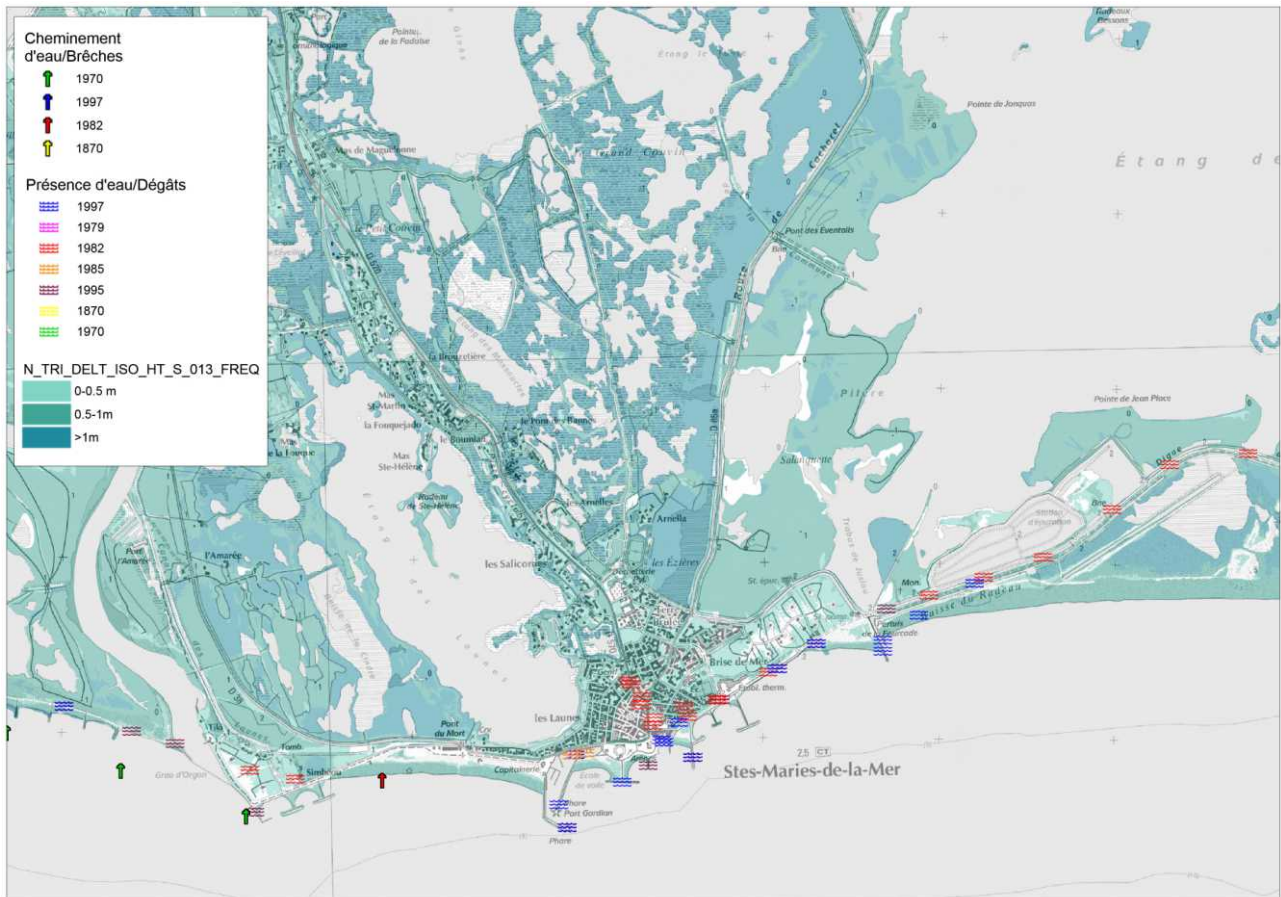


Figure 5 : BD historique et carte de l'aléa fréquent sur les Saintes-Maries-de-la-Mer

- A Port Saint-Louis du Rhône, les informations historiques datant de la tempête de 1997 montrent qu'à priori il n'y a pas eu de submersion du centre ville et dans les zones déconnectées de la mer et du Grand Rhône (Faubourg Foch, Zone du Mazet). Du coup celles-ci sont soustraites de la cartographie.

Au nord de la ville, la submersion marine pour le scénario fréquent ne va pas au-delà du canal du Port de Fos au Rhône, les digues du Rhône et du canal et la RN268 protégeant contre l'intrusion marine.

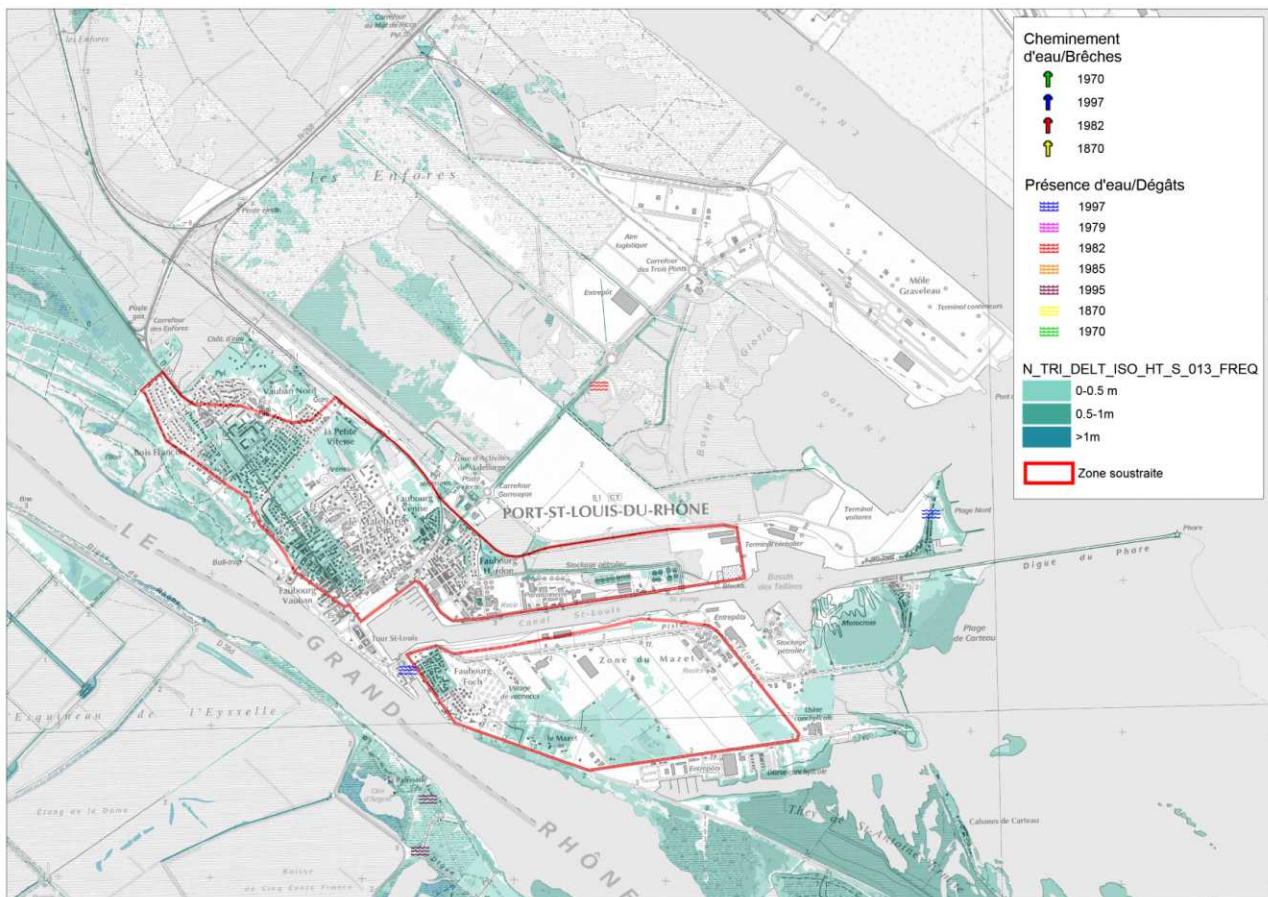


Figure 6 : BD historique et zone soustraite à l'aléa fréquent sur Port Saint-Louis du Rhône

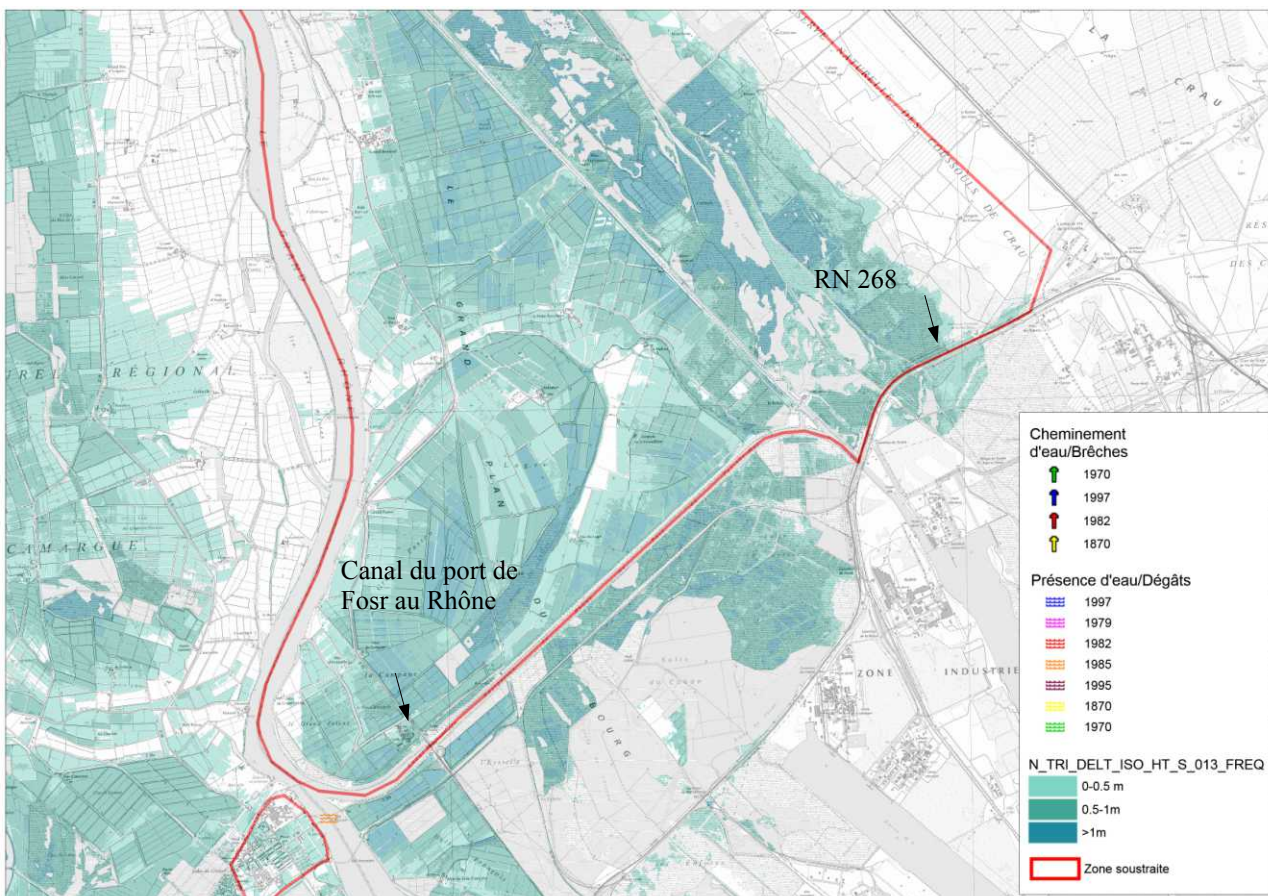
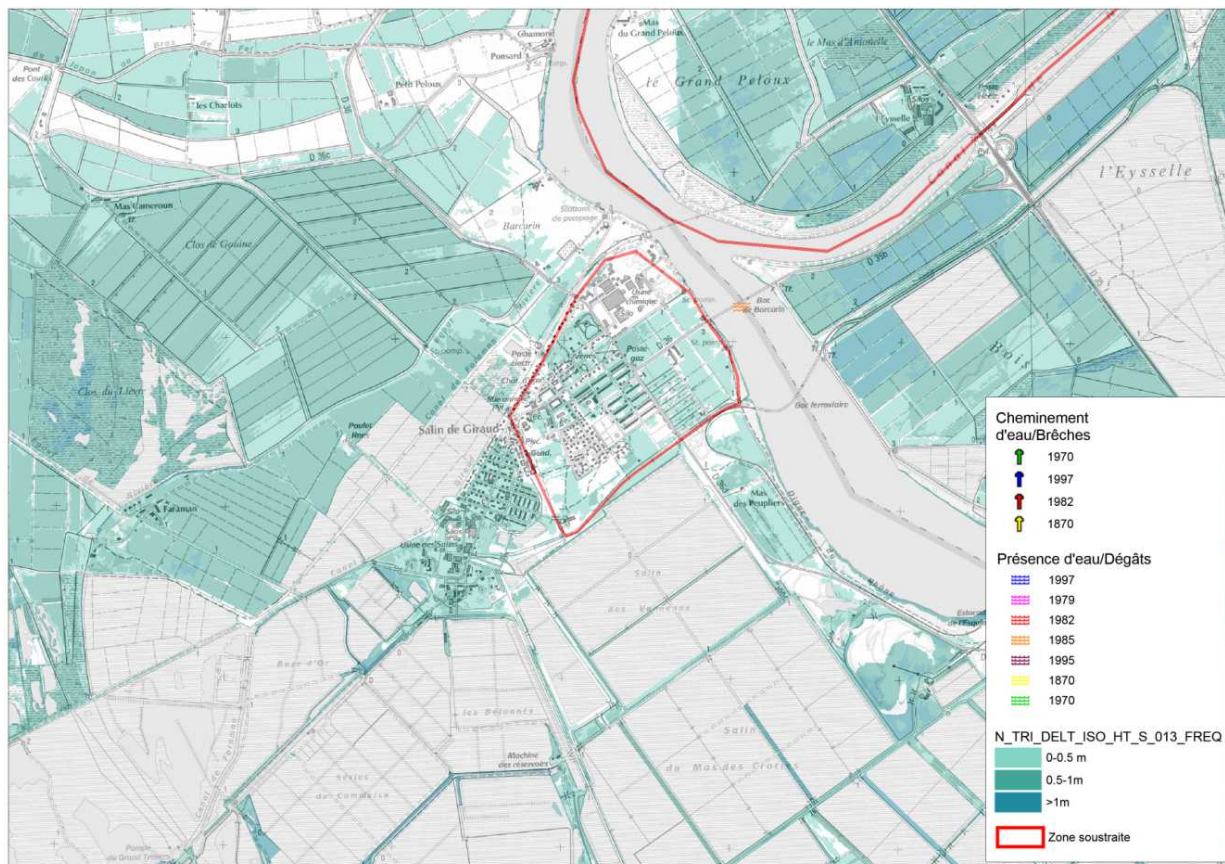


Figure 7 : BD historique et zone soustraite à l'aléa fréquent au Nord de Port Saint-Louis du Rhône

- A Salin de Giraud, une partie du village est déconnectée des salins et du Grand Rhône et donc ne sera vraisemblablement pas être inondée même si la zone est en-dessous des 1.30 m NGF. Par contre le Sud Ouest du village peut avoir des hauteurs d'eau faible inférieures à 50 cm, aucune information historique ne prouve le contraire.



Seuls les secteurs urbanisés ont été analysés et confrontés aux données historiques.

Les classes de hauteurs suivantes ont été déterminées :

- 0 – 0.5 m d'eau
- 0.5 – 1 m d'eau
- > 1 m d'eau

Cartographie de l'événement moyen

L'événement moyen correspond à l'événement historique de période de retour comprise entre 100 et 300 ans.

Un niveau marin de 2 m NGF a été retenu, il correspond à une approche homogène de l'aléa sur l'ensemble des TRI de la façade méditerranéenne, déterminé par une méthode statistique (cf Note sur le niveau marin extrême en Méditerranée pour la Directive Inondation). Des études complémentaires peuvent conduire localement à des cotes différentes. La cartographie réalisée pour la directive inondation à un niveau macro (échelle 1/25 000ème) peut donc être distincte de la cartographie des Plan de Prévention des Risques littoraux (PPRI) mobilisant des données locales.

Ensuite une superposition de ce niveau marin avec la topographie a été réalisée. Les secteurs inondés ne peuvent pas être confrontés aux données historiques car il n'y a pas eu d'événement de cette ampleur recensé.

- La petite-Camargue est inondée pour les mêmes raisons que pour le scénario fréquent.
- La submersion marine moyenne dépasse le petit-Rhône, et s'arrête au versant au delà du canal du Rhône à Sète. A l'est de ce canal, le canal Philippe Lamour fait barrière. La connexion est réalisée à l'endroit où le terrain naturel est le plus haut et ou la bande inondée est étroite.

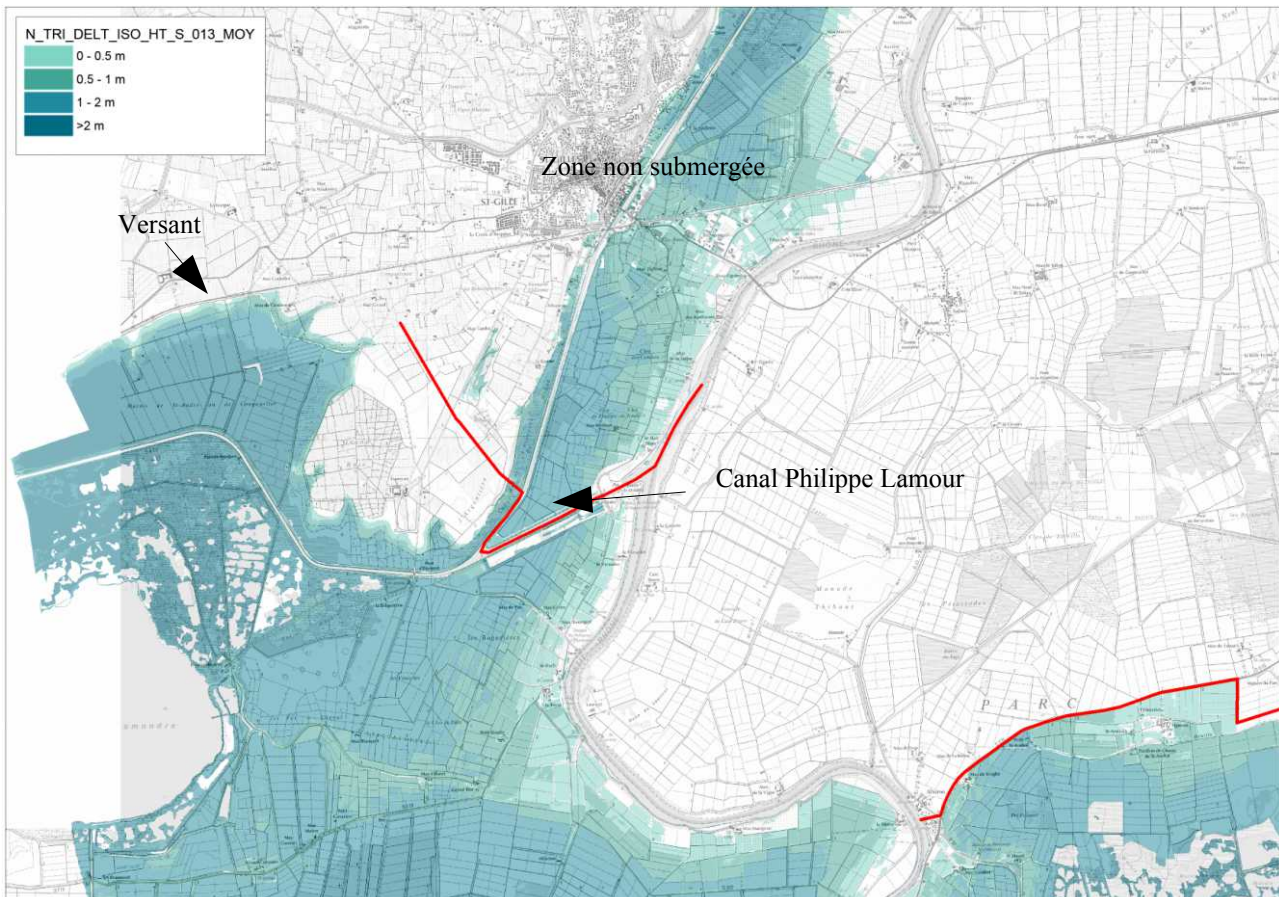


Figure 9 : Limite nord de la submersion moyenne à l'ouest du petit Rhône

- Sur l'île de Camargue, seule une partie au Nord du Vacarès est isolée de la submersion marine par la RD 570 du secteur de l'Albaron à la maison du parc. Ensuite les berges du Roubine de la Triquette et les terrains supérieurs à la cote 2mNGF ferme cette zone.

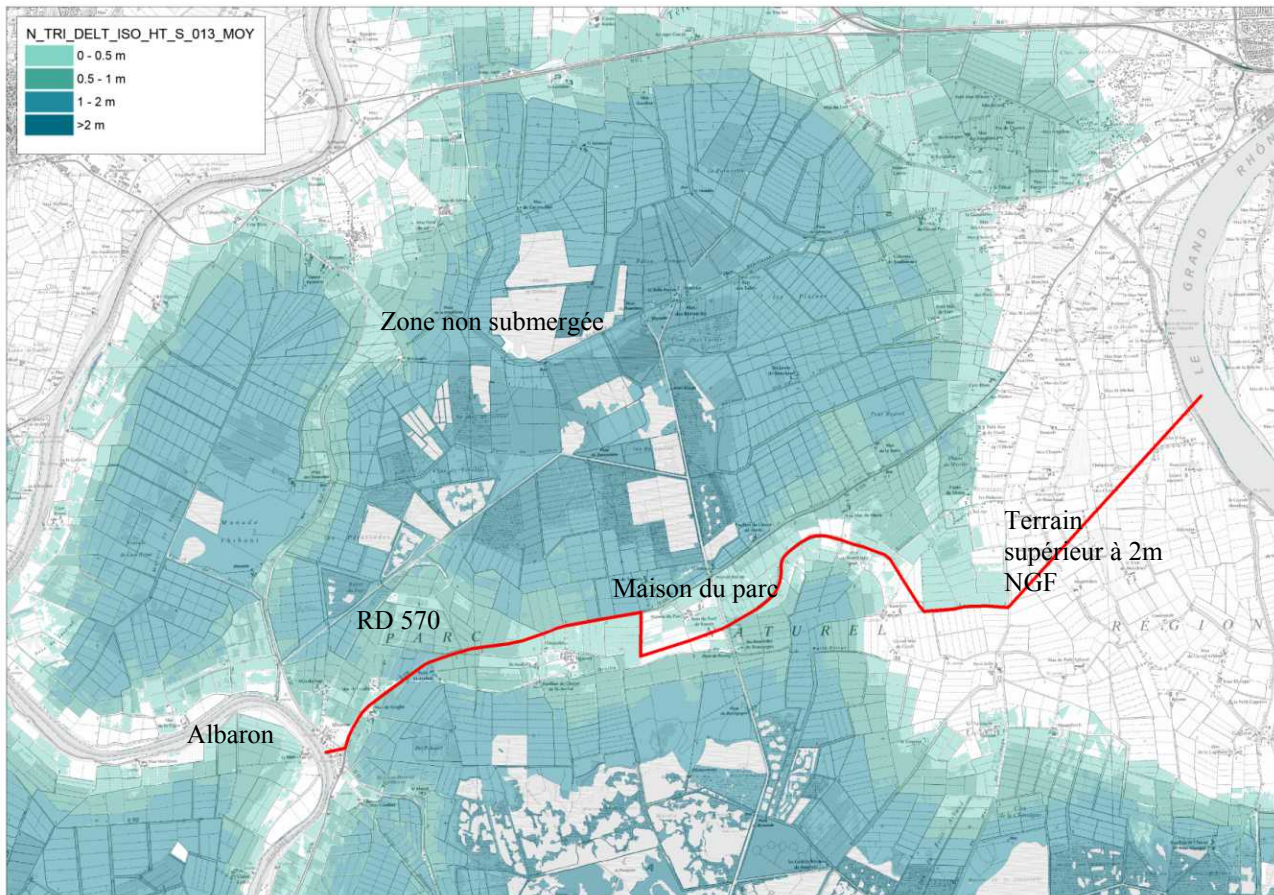


Figure 10 : Limite nord de la submersion moyenne de l'île de Camargue

- Au Nord de Port Saint Louis du Rhône, la zone au Nord du canal de navigation de Fos-sur-Mer et la route nationale RN 268 constitue une barrière physique à la submersion marine moyenne comme pour l'événement fréquent.

Il n'existe pas de données historiques pour justifier les emprises. Il faut noter qu'une crue du Rhône concomitante à l'événement marin est probable et inondera les parties cartographiées pour l'événement marin moyen.

Les classes de hauteurs suivantes ont été déterminées :

- 0 – 0.5 m d'eau
- 0.5 – 1 m d'eau
- 1 -2 m d'eau
- > 2 m d'eau

Cartographie de l'événement moyen tenant compte du changement climatique

Une augmentation de 40 cm est appliqué au niveau marin de l'événement moyen. Le niveau marin est alors de 2.40 m NGF.

Les limites de la submersion diffère sur l'île de Camargue au Nord de l'étang du Vacarès, où la topographie du terrain naturel ne permet pas de retenir la même barrière. Pour cet événement, l'ensemble de la RD 570 est considéré.

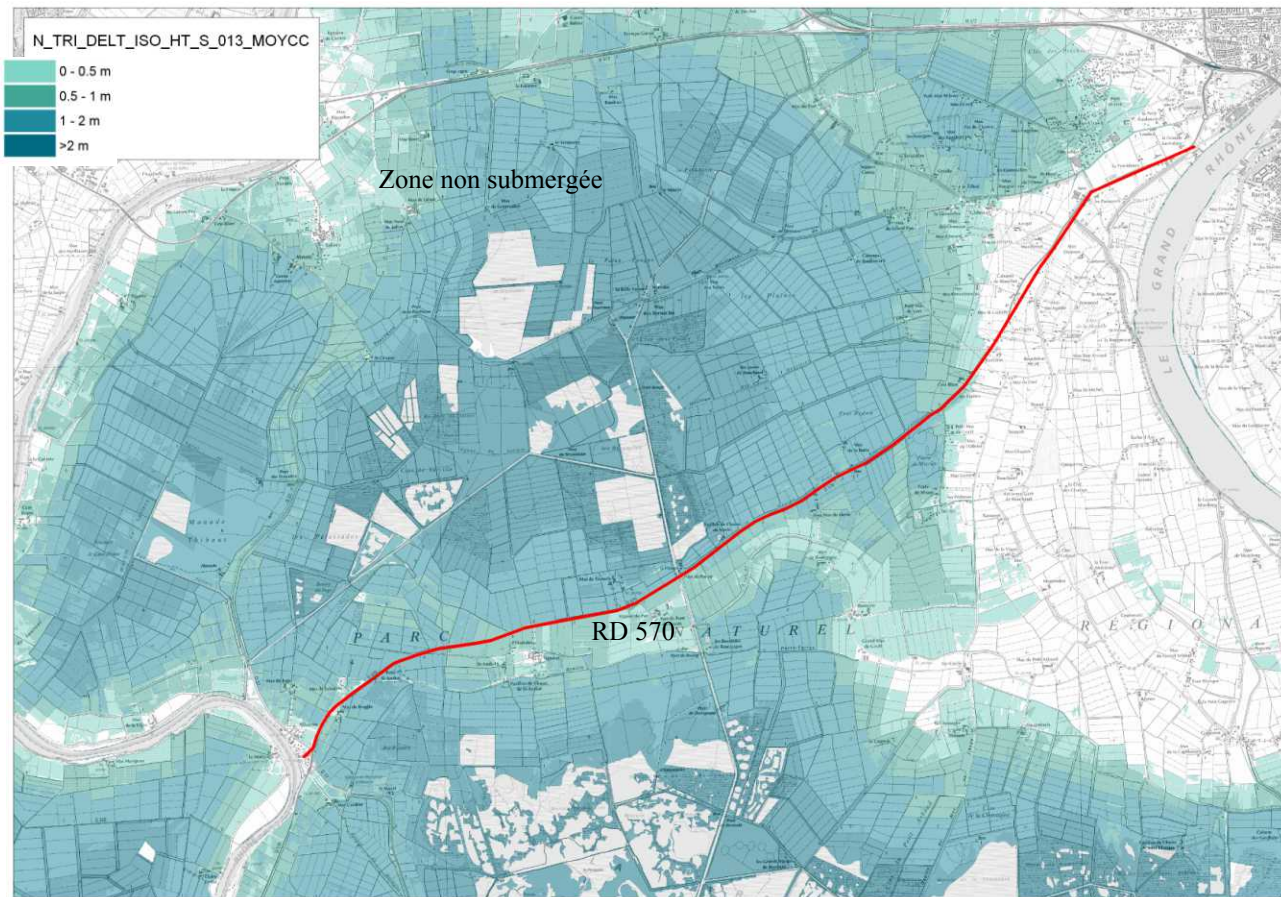


Figure 11 : Limite nord de la submersion moyenne de l'île de Camargue

Les classes de hauteurs suivantes ont été déterminées :

- 0 – 0.5 m d'eau
- 0.5 – 1 m d'eau
- 1 -2 m d'eau
- > 2 m d'eau

Cartographie de l'événement extrême

L'événement extrême correspond à l'événement historique de période de retour supérieure à 1000 ans.

Un niveau marin de 2.80 m NGF a été retenu (cf Note sur le niveau marin extrême en Méditerranée pour la Directive Inondation). Ensuite une superposition de ce niveau marin avec la topographie a été réalisée. Les secteurs inondés ne peuvent pas être confrontés aux données historiques car il n'y a pas eu d'événement de cette ampleur recensé.

L'extension de la submersion marine extrême a été limitée sur deux secteurs :

- A l'est de la ville d'Arles, 2 secteurs sont complètement déconnectés d'un possible débordement de la mer, même si celle-ci remonte le Rhône. Le premier se situe juste au nord-ouest des marais de Meyranne et le second se situe autour du canal de la Vallée. Pour le scénario extrême ces 2 secteurs sont connectés au niveau du Pont de Crau.

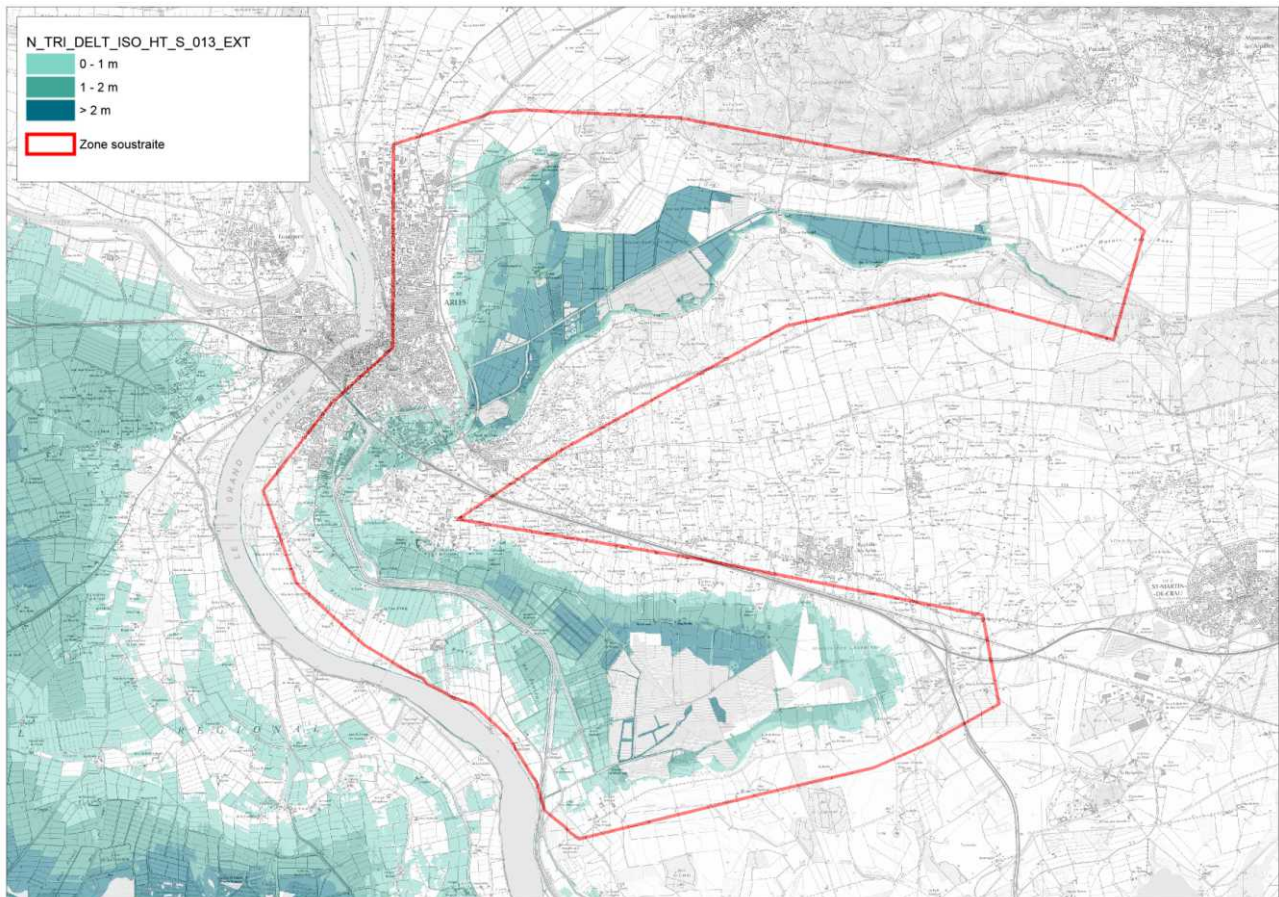


Figure 12 : zone soustraite à la submersion marine extrême à l'est d'Arles

- au nord du petit-Rhône, la submersion marine extrême est également limitée par le Canal Philippe Lamour (Figure 9).

Les classes de hauteurs suivantes sont été déterminées :

- 0 – 1 m d'eau
- 1 -2 m d'eau
- > 2 m d'eau

Il n'existe pas de données historiques pour justifier les emprises. Il faut noter qu'une crue du Rhône concomitante à l'événement marin est probable et inondera les parties cartographiées pour l'événement marin extrême.

3.4 -Carte de synthèse des surfaces inondables

Il s'agit de cartes restituant la synthèse des surfaces inondables de l'ensemble des scénarios (fréquent, moyen, extrême) par type d'aléa considéré pour le TRI. Ne sont ainsi représentées sur ce type de carte que les limites des surfaces inondables.

Les cartes de synthèse du TRI du Delta ont été établies pour les débordements du Rhône et les submersions marines.

Son échelle de validité est le 1 / 25 000°.

IV. Cartographie des risques d'inondation du TRI

La cartographie des risques d'inondation est construite à partir du croisement entre les cartes de synthèse des surfaces inondables et les enjeux présents au sein de ces enveloppes. Elles de fait ont été établies uniquement pour l'ensemble des débordements de cours d'eau (et les submersions marines).

En outre, une estimation de la population permanente et des emplois a été comptabilisée par commune et par scénario. Celle-ci est complétée par une comparaison de ces résultats avec la population communale totale et la population saisonnière moyenne à l'échelle de la commune.

Son échelle de validité est le 1 / 25 000°.

4.1 - Méthode de caractérisation des enjeux

L'élaboration des cartes de risque s'est appuyée sur un système d'information géographique (SIG) respectant le modèle de données établi par l'IGN et validé par la Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée (COVADIS)¹.

Certaines bases de données ont été produites au niveau national, d'autres données proviennent d'informations soit d'une base commune à l'échelle du bassin, issue des travaux de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), soit de bases plus locales.

4.2 - Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques

L'article R. 566-7 du Code de l'environnement demande de tenir compte a minima des enjeux suivants :

1. Le nombre indicatif d'habitants potentiellement touchés ;
2. Les types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée ;
3. Les installations ou activités visées à l'annexe I de la directive 2010/75/ UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution), qui sont susceptibles de provoquer une pollution accidentelle en cas d'inondation, et les zones protégées potentiellement touchées visées à l'annexe IV, point 1 i, iii et v, de la directive 2000/60/ CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau ;
4. Les installations relevant de l'arrêté ministériel prévu au b du 4° du II de l'article R. 512-8 ;
5. Les établissements, les infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public.

Conformément à cet article, il a été choisi de retenir les enjeux suivant pour la cartographie des risques du TRI :

1. Estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit d'une évaluation de la population permanente présente dans les différentes surfaces inondables, au sein de chaque commune du TRI. Celle-ci a été établie à partir d'un semi de point discrétisant l'estimation de la population légale INSEE 2010 à l'échelle de chaque parcelle. **Les précisions sur la méthode sont explicitées en annexe.**

¹ La Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée (COVADIS) est une commission interministérielle mise en place par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et par le ministère de l'agriculture et de l'agroalimentaire pour standardiser leurs données géographiques les plus fréquemment utilisées dans leurs métiers. Cette standardisation prend la forme de *géostandards* que les services doivent appliquer dès qu'ils ont à échanger avec leurs partenaires ou à diffuser sur internet de l'information géographique. Ils sont également communiqués aux collectivités territoriales et autres partenaires des deux ministères. La COVADIS inscrit son action en cohérence avec la directive INSPIRE et avec les standards reconnus.

L'estimation des populations est présentée dans un tableau figurant dans l'atlas cartographique.

2. Estimation des emplois dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit d'une évaluation du nombre d'emplois présents dans les différentes surfaces inondables, au sein de chaque commune du TRI. L'évaluation se présente sous forme de fourchette (minimum-maximum). Elle a été définie en partie sur la base de donnée SIRENE de l'INSEE présentant les caractéristique économiques des entreprises du TRI. **Les précisions sur la méthode sont explicitées en annexe.**

L'estimation de la fourchette d'emploi est présentée dans un tableau figurant dans l'atlas cartographique.

3. Estimation de la population saisonnière

Deux types d'indicateurs ont été définis afin de qualifier l'éventuelle affluence touristique du TRI : le surplus de population saisonnière théorique et le taux de variation saisonnière théorique.

Ces indicateurs ont été établis à partir des données publiques de l'INSEE à l'échelle communale. A défaut de disposer d'une précision infra-communale, ils n'apportent ainsi pas d'information sur la capacité touristique en zone inondable.

Le surplus de la population saisonnière théorique est estimé à partir d'une pondération de la capacité de différents types d'hébergements touristiques mesurables à partir de la base de l'INSEE : hôtels, campings, résidences secondaires et locations saisonnières. Certains types de hébergements à l'image des chambres d'hôte ne sont pas comptabilisées en l'absence d'information exhaustive.

Le taux de variation saisonnière théorique est quant à lui défini comme le rapport entre le surplus de la population saisonnière théorique et la population communale permanente. Il apporte une information sur le poids de l'affluence saisonnière au regard de la démographie communale.

Ces indicateurs restent informatifs au regard de l'exposition potentielle de l'affluence saisonnière aux inondations faute de précision. Par ailleurs, elle doit être examinée en tenant compte de la concomitance entre la présence potentielle de la population saisonnière et la survenue éventuelle d'une inondation. Ainsi dans les territoires de montagne, les chiffres importants correspondent parfois à une variation hivernale (stations de ski par exemple), généralement en dehors des périodes à risque d'inondation.

Les précisions sur la méthode sont explicitées en annexe.

4. Bâtiments dans la zone potentiellement touchée

Seuls les bâtiments dans la zone potentiellement touchée sont représentés dans les cartes de risque. Cette représentation est issue de la BDTopo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Ils tiennent compte de l'ensemble des bâtiments de plus de 20m² (habitations, bâtiments industriels, bâtis remarquables, ...).

5. Types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit de surfaces décrivant un type d'activité économique inclus, au moins en partie, dans une des surfaces inondables. Cette information est issue de la BDTopo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Elle tient compte des zones d'activités commerciales et industrielles, des zones de camping ainsi que des zones portuaires ou aéroportuaires.

6. Installations polluantes

Deux types d'installations polluantes sont prises en compte : les IPPC et les stations de traitement des eaux usées.

Les IPPC sont les ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) les plus polluantes, définies par la directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), visées à l'annexe I de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions

industrielles. Il s'agit d'une donnée établie par les DREAL collectée dans la base S3IC pour les installations situées dans une des surfaces inondables du TRI.

Les stations de traitement des eaux usées (STEU) prises en compte sont les installations de plus de 2000 équivalents-habitants présentes dans la surface inondable du TRI.

La localisation de ces stations est issue d'une base de données nationale « BDERU » complétée par la base de données de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Les données sont visualisables sur <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>.

7. Zones protégées pouvant être impactées par des installations polluantes

Il s'agit des zones protégées pouvant être impactées par des installations polluantes IPPC ou par des stations de traitement des eaux usées. Ces zones, rapportées dans le cadre de la directive-cadre sur l'eau 2000/60/CE (DCE), sont les suivantes :

- « zones de captage » : zones désignées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine en application de l'article 7 de la directive 2000/60/CE (toutes les masses d'eau utilisées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m³ par jour ou desservant plus de cinquante personnes, et les masses d'eau destinées, dans le futur, à un tel usage) ;
- « eaux de plaisance » : masses d'eau désignées en tant qu'eaux de plaisance, y compris les zones désignées en tant qu'eaux de baignade dans le cadre de la directive 76/160/CEE (« eaux de baignade » : eaux ou parties de celles-ci, douces, courantes ou stagnantes, ainsi que l'eau de mer, dans lesquelles la baignade est expressément autorisée par les autorités compétentes de chaque État membre ou n'est pas interdite et habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs) ; en France les « eaux de plaisance » se résument aux « eaux de baignade » ;
- « zones de protection des habitats et espèces » : zones désignées comme zone de protection des habitats et des espèces et où le maintien ou l'amélioration de l'état des eaux constitue un facteur important de cette protection, notamment les sites Natura 2000 pertinents désignés dans le cadre de la directive 92/43/CEE et de la directive 79/409/CEE.

8. Établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public

Il s'agit des enjeux dans la zone potentiellement touchée dont la représentation est issue de la BDTopo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>).

Ils ont été divisés en plusieurs catégories :

- *les bâtiments utiles pour la gestion de crise* (centres de décisions, centres de sécurité et de secours) référencés « établissements utiles pour la gestion de crise », sont concernés les casernes, les gendarmeries, les mairies, les postes de police, les préfetures ;
- *les bâtiments et sites sensibles pouvant présenter des difficultés d'évacuation*, ils sont référencés dans : « établissements pénitentiaires », « établissements d'enseignement », « établissements hospitaliers », « campings » ;
- *les réseaux et installations utiles pour la gestion de crise*, ils sont référencés dans : « gares », « aéroports », « autoroutes, quasi-autoroute », « routes, liaisons principales », « voies ferrées principales » ;
- *les établissements ou installations susceptibles d'aggraver la gestion de crise*, ils sont référencés dans : « installations d'eau potable », « transformateurs électriques », « autre établissement sensible à la gestion de crise » (cette catégorie recense principalement les installations SEVESO et les installations nucléaires de base (INB)).

V. Liste des Annexes

➤ **Annexe I : Atlas cartographique - *Rédaction pilote***

- Cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême) pour les débordements de cours d'eau (et pour les submersions marines).
- Cartes de synthèse des surfaces inondables des différents scénarios pour les débordements de cours d'eau (et pour les submersions marines).
- Cartes des risques d'inondation
- Tableaux d'estimation des populations et des emplois par commune et par scénario.

➤ **Annexe II : Compléments méthodologiques**

- Description de la base de données SHYREG
- Description de l'outil de modélisation CARTINO
- Description de la méthode d'estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée
- Description de la méthode d'estimation des emplois
- Description de la méthode d'estimation de la population saisonnière
- Métadonnées du SIG structurées selon le standard COVADIS Directive inondation