

Service
RN

Division
DRNL

Septembre 2013

Directive Inondation Bassin Rhône-Méditerranée

Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Narbonne

Cartographie des surfaces inondables et des risques

- Rapport explicatif



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
LANGUEDOC-ROUSSILLON

www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
v1	27/04/13	création
v2	17-27/06/13	compléments d'infos (2. Présentation)
v3	07/13	Compléments infos, ajouts parties « modèle rédactionnel DREAL de bassin », cartographie OS, parties methodo (+ partie carto des surfaces inondables) rédigées par l'opérateur
v4	05/09/13	Relecture DREAL LR
v5	10/09/13	Suite observations DDTM11 et insertion enjeux
v6	13/12/13	Modification suite à la phase de consultation

Affaire suivie par

DREAL LR / SR/ DRNL
<i>Tél. :04 34 46 64 00</i>
<i>Courriel : di-lr-tri-carto@developpement-durable.gouv.fr</i>

Rédacteur

DREAL RA
DREAL LR
DDTM 11

SOMMAIRE

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE.....	4
· Le Territoire à Risque Important d'Inondation de Narbonne.....	4
· La cartographie du TRI de Narbonne.....	6
1 - INTRODUCTION	8
2 - PRÉSENTATION.....	9
2.1 - Caractérisation du TRI de Narbonne.....	10
2.2 - Les mesures de prévention contre l'inondation.....	17
2.3 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie.....	17
2.4 - Association technique des parties prenantes.....	19
3 - CARTOGRAPHIE DES SURFACES INONDABLES DU TRI	20
3.1 - Débordement de cours d'eau	20
3.1.1 - L'Aude.....	20
3.1.2 - L'Orbieu.....	35
3.1.3 - La Berre.....	37
3.2 - Submersion marine.....	50
3.3 - Carte de synthèse des surfaces inondables.....	66
4 - CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION DU TRI.....	66
4.1 - Rappel sur le caractère partiel des cartes.....	66
4.2 - Méthode de caractérisation des enjeux.....	67
4.3 - Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques.....	67
4.4 - Précision sur les sources de données des enjeux	71
5 - ANNEXES.....	72
Annexe I : Atlas cartographique.....	72
Annexe II : Compléments méthodologiques.....	72

Résumé non technique

· Le Territoire à Risque Important d'Inondation de Narbonne

o Définition et objectifs généraux du TRI

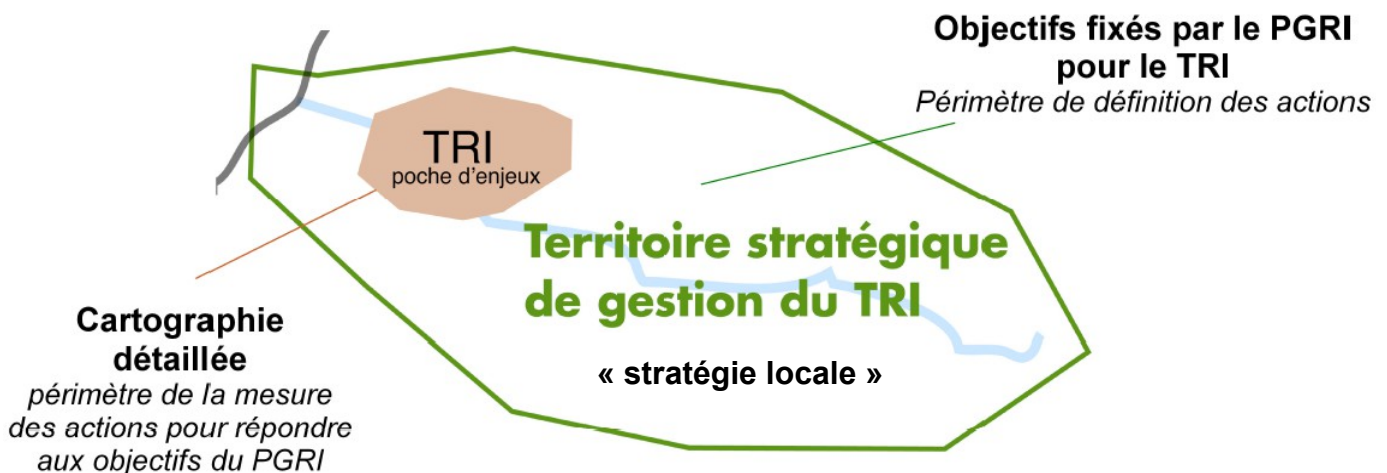
La sélection du Territoire à Risque Important d'inondation de Narbonne implique la mise en œuvre d'une stratégie concertée pour répondre à la Directive inondation.

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 d'après les conséquences négatives susceptibles d'impacter son bassin de vie au regard de phénomènes prépondérants.

La sélection du TRI de Narbonne 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	54 363	57,4%	642 728	22 638	61,2%	4 806 727
Submersions marines	12 189	12,9%	303 572	8 188	22,1%	1 777 499

Le périmètre du TRI et ses caractéristiques spécifiques

Le périmètre du TRI de Narbonne, recensant 18 communes, a été constitué autour du bassin de vie de l'agglomération narbonnaise.

Celui-ci a été précisé pour tenir compte des caractéristiques spécifiques telles que la dangerosité des phénomènes sur certaines communes (Narbonne, les communes littorales notamment (comme Fleury, Gruissan et Port-la-Nouvelle), de la pression démographique du territoire, en particulier autour de l'agglomération narbonnaise et sur la façade maritime.

o Description du TRI et de ses principales caractéristiques

Le TRI de Narbonne concerne le département de l'Aude (11) et compte 18 communes, soumises aux aléas de submersions marines et de débordements de cours d'eau.

Il regroupe 97 676 habitants permanents. Sa population saisonnière s'élève à 167 649 habitants, soit 168,5 %, moins du double des habitants permanents du TRI.

Ses enjeux économiques sont principalement liés à son activité touristique estivale, avec une vulnérabilité accrue pour les campings face au risque inondation par débordement de cours d'eau et/ou submersion marine. Les communes littorales sont tout particulièrement exposées car elles sont fréquentées en période estivale comme en arrière saison, lorsque les crues sont le plus susceptibles d'intervenir.

De plus, l'accroissement démographique de l'agglomération narbonnaise (autour de Narbonne et le long du littoral audois) ainsi que le développement économique, peuvent accroître l'exposition aux risques d'inondation dans la plaine littorale, avec l'aggravation des aléas submersions marines et érosions.

o Phénomènes identifiés comme prépondérants pour la cartographie

Le TRI de Narbonne est exposé à des crues de type cévenol ou méditerranéen extensif de forte intensité (cumul de fortes pluies et de crues très rapides) ; ces inondations sont très dangereuses de par leur rapidité.

Des submersions marines impactent également le littoral languedocien, très vulnérable face à ce phénomène, compte-tenu de ses côtes basses et sableuses et d'un phénomène d'érosion déjà présent depuis plusieurs années.

Réseau hydrographique du département de l'Aude

Le département de l'Aude dispose d'un large réseau hydrographique, dont les 3 cours d'eau principaux retenus pour la phase cartographique du TRI de Narbonne : l'Aude, l'Orbieu et la Berre. Ce TRI répertorie d'autres cours d'eau et canaux qui ne sont pas représentés dans ce cycle de la phase cartographique en raison d'indisponibilité de la donnée. Mais, ces cours d'eau et canaux ne sont pas à négliger, notamment la Cesse, le Canal de la Robine et du Midi.

La cartographie du TRI de Narbonne

o Objectifs généraux et usages de la cartographie

La cartographie du TRI de Narbonne apporte un approfondissement de la connaissance sur les surfaces inondables et les risques pour les débordements et ruissellements de certains cours d'eau 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 la 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.

Enfin, il convient de rappeler que cette cartographie du TRI est partielle, en raison d'indisponibilité de la donnée sur les canaux et cours d'eau secondaires. En effet, tous les cours d'eau (dont les affluents) n'ont pas été étudiés, ce qui conduit à une analyse non exhaustive des enjeux sociaux et économiques sur l'ensemble du TRI. Dans le périmètre du TRI, les enjeux exposés (personnes et emplois notamment) lors d'une crue extrême pour tous les cours d'eau confondus, ont été rappelés précédemment (voir tableau p.5).

o Synthèse des principaux résultats de la cartographie du TRI

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

- les débordements de cours d'eau et les submersions marines
 - des cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême et moyen avec changement climatique pour le cas des submersions marines) pour les débordements de chacun des cours d'eau (l'Aude, l'Orbieu et la Berre) ainsi que les submersions marines. Ces 3/ 4 cartes présentent une information sur les surfaces inondables, les hauteurs d'eau, voire les vitesses d'écoulement ;
 - une carte de synthèse des surfaces inondables des différents scénarii pour les submersions marines et les débordements des différents cours d'eau cartographiés ;
 - une carte des risques d'inondation présentant les enjeux situés dans les surfaces inondables, par type d'aléa (débordement ou submersion marine) ;

- un tableau d'estimation des populations et des emplois exposés par commune et par scénario.

A l'échelle du TRI de Narbonne, la cartographie des risques d'inondation fait ressortir l'estimation des populations et des emplois, par cours d'eau, présentée dans le tableau ci-dessous.

Les populations et emplois exposés dans l'EAIP, en cas de crue extrême, pour tout cours d'eau confondu, sont également rappelés.

	Population permanente				Emplois			
	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue moyenne avec changement climatique	Crue extrême	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue moyenne avec changement climatique	Crue extrême
Débordements de cours d'eau	1518	15151	/	22586	454	3570	/	4871
l'Aude	1518	15151	/	22586	388	2057	/	3006
La Berre	84	4830	/	6015	66	1514	/	1917
Submersions marines	1053	6447	24432	39507	1521	3150	3150	3764
EAIP débordement de cours d'eau	Crue extrême				Crue extrême			
	54363				22 638			
EAIP submersion marine	12189				8188			

NB : La cartographie des risques d'inondation représente et décompte de manière partielle la population et les emplois exposés à l'aléa inondation par débordement de cours d'eau. En effet, elle se limite aux cours d'eau étudiés et retenus pour ce cycle de la DI. Les autres cours d'eau seront étudiés ultérieurement et cartographiés dans le cadre du prochain cycle de la directive européenne.

1 - 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 de Narbonne 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 engageant 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, moyen avec changement climatique pour le cas des submersions marines) pour les débordements de cours d'eau et 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 submersions marines et débordements des différents cours d'eau selon les 3/ 4 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 de Narbonne (2), d'expliquer les méthodes utilisées pour cartographier les surfaces inondables (3) et la carte des risques d'inondation (4). Ce rapport est accompagné d'un atlas cartographique qui présente le jeu des différents types de carte au 1/25 000e.

2 - Présentation

Le climat sur le bassin versant de l'Aude est contrasté :

- le Nord et le Sud à caractère montagnard imposent des températures pouvant être très basses en hiver,
- l'Est est à dominante méditerranéenne,
- l'Ouest est touché par des précipitations plus importantes.

Ce bassin versant est également fortement touché par les vents de différentes origines (tramontane et autan).

Ainsi, l'Aude connaît un régime :

- nivo-pluvial sur sa partie supérieure : une période de hautes eaux en automne-hiver liée aux précipitations et un débit soutenu au printemps au moment de la fonte des neiges,
- pluvial au-delà de Carcassonne.

Le caractère méridional de ce bassin versant associé à son régime pluvio-nival implique des étiages parfois

sévères durant la période estivale. Les pluies automnales font ensuite remonter rapidement le niveau d'eau, qui est maximum au printemps lors de la fonte des neiges.

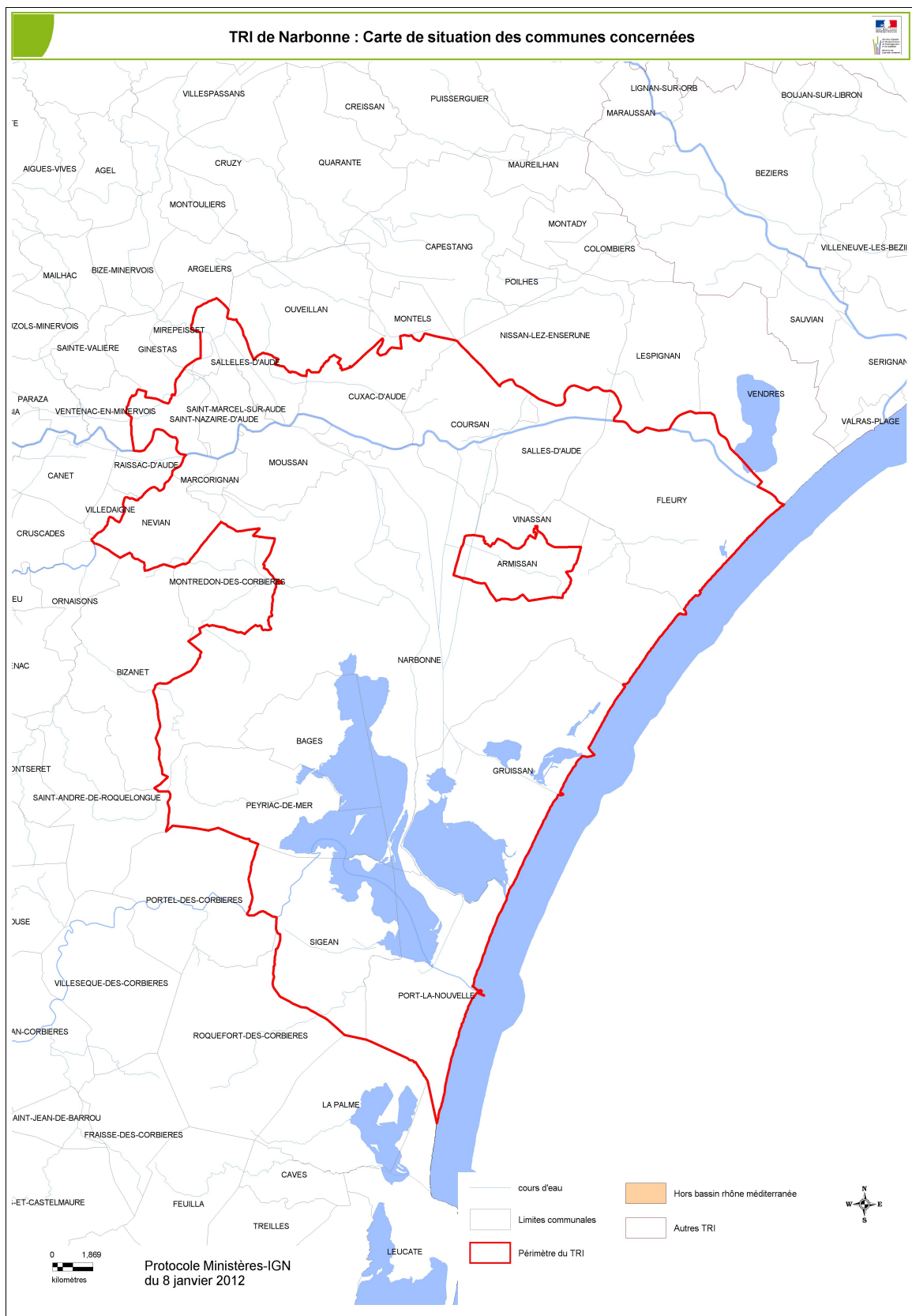
Sur le bassin versant de l'Aude, le relief est à l'origine de précipitations intenses caractéristiques du climat méditerranéen induisant des temps de réponse très courts : de l'ordre d'une heure pour les petits sous-bassins à 3-12 heures pour l'Aude à Carcassonne.

Ainsi, contrairement aux grands fleuves, la montée des eaux est extrêmement rapide, souvent couplée à des phénomènes d'embâcles (retenues et lâchers soudains), et avec de fortes vitesses d'écoulement démultipliant la capacité destructrice de la crue.

2.1 - Caractérisation du TRI de Narbonne

Le TRI de Narbonne se situe dans le département de l'Aude (11) et compte 18 communes exposées aux débordements de cours d'eau et de submersions marines (voir carte p.11) :

- Bages
- Coursan
- Cuxac d'Aude
- Fleury
- Gruissan
- Marcorignan
- Moussan
- Narbonne
- Névian
- Peyriac
- Port la Nouvelle
- Raissac
- Saint Marcel
- Saint Nazaire
- Sallèles d'Aude
- Salles d'Aude
- Sigean
- Vinassan



Le TRI de Narbonne regroupe 97 676 habitants permanents. Sa population saisonnière s'élève à 167 649 habitants, soit 171,6 %, moins du double des habitants permanents du TRI.

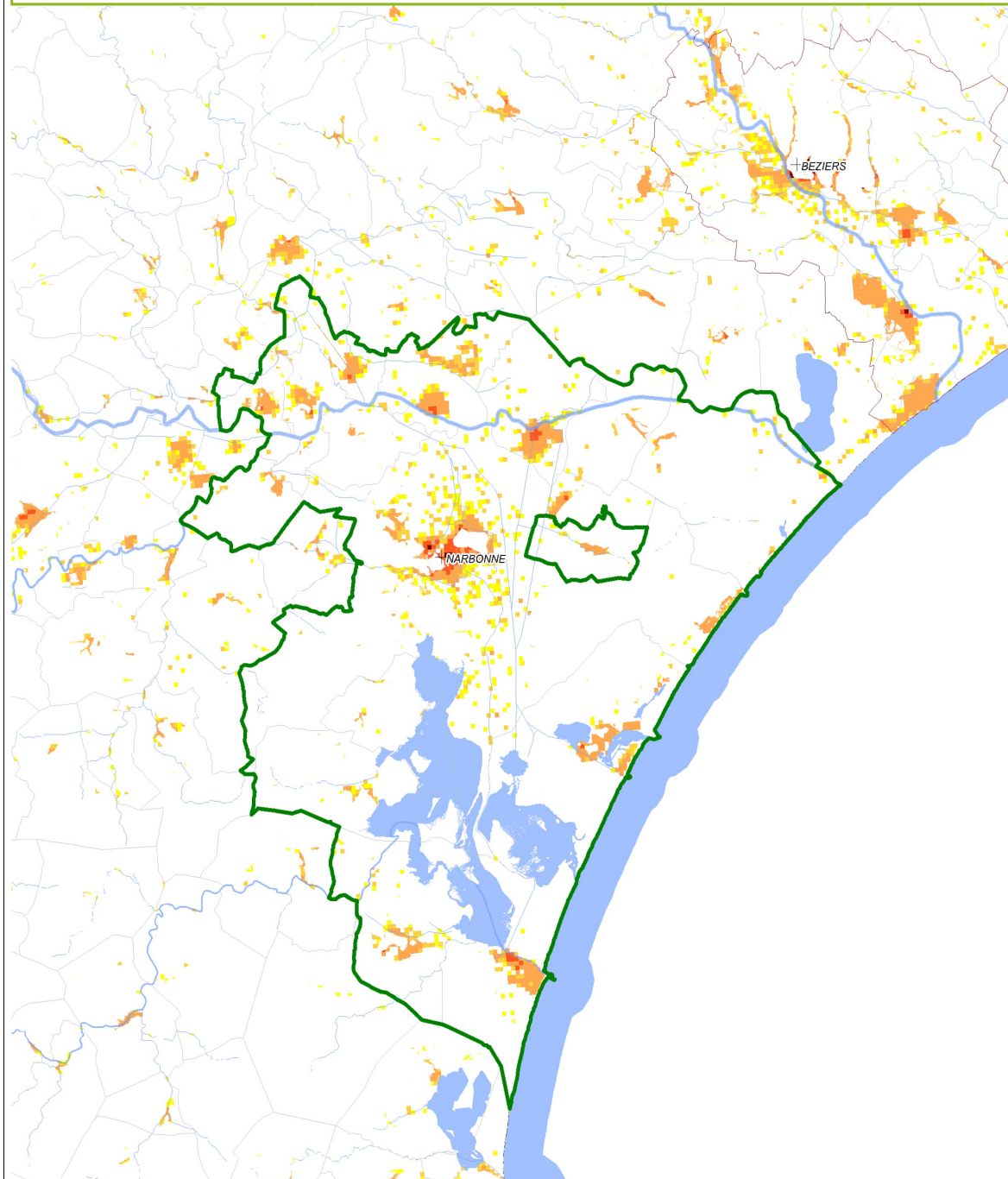
Ainsi, il fait l'objet d'une forte affluence touristique estivale (capacité annuelle d'hébergement de plus de 100 000 personnes). Pour les secteurs situés en zone inondable, des événements importants peuvent survenir durant la période touristique. La population saisonnière résidant dans les campings reste potentiellement la plus vulnérable à ce type de phénomène. Plus particulièrement, les communes littorales sont soumises à une importante affluence saisonnière, y compris en arrière saison, période à laquelle les crues sont davantage susceptibles d'intervenir.

Enfin, ces dix dernières années, l'agglomération narbonnaise, comme beaucoup de communes littorales méditerranéennes, est sujette à une forte pression démographique, avec un étalement urbain autour de Narbonne et le long du littoral audois. La conjonction de cet accroissement de la population et du développement économique, avec l'aggravation des aléas submersions marines et érosions, laissent penser à une augmentation de l'exposition aux risques d'inondation dans la plaine littorale.

Dans le périmètre du TRI de Narbonne et pour le cas du débordement de cours d'eau, la densité de population peut s'élever jusqu'à 5000 habitants/ km² en EAIP (Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles), avec une majorité de 200 à 500 habitants/ km² (voir carte p.13).

En ce qui concerne la submersion marine, Fleury, Narbonne et Gruissan, sont les communes littorales principales comptant une moyenne de 20 à 200 habitants/ km² concentrés sur la façade littorale (voir carte p.14).

TRI de Narbonne
Densité de population dans l'EAIP débordement de cours d'eau

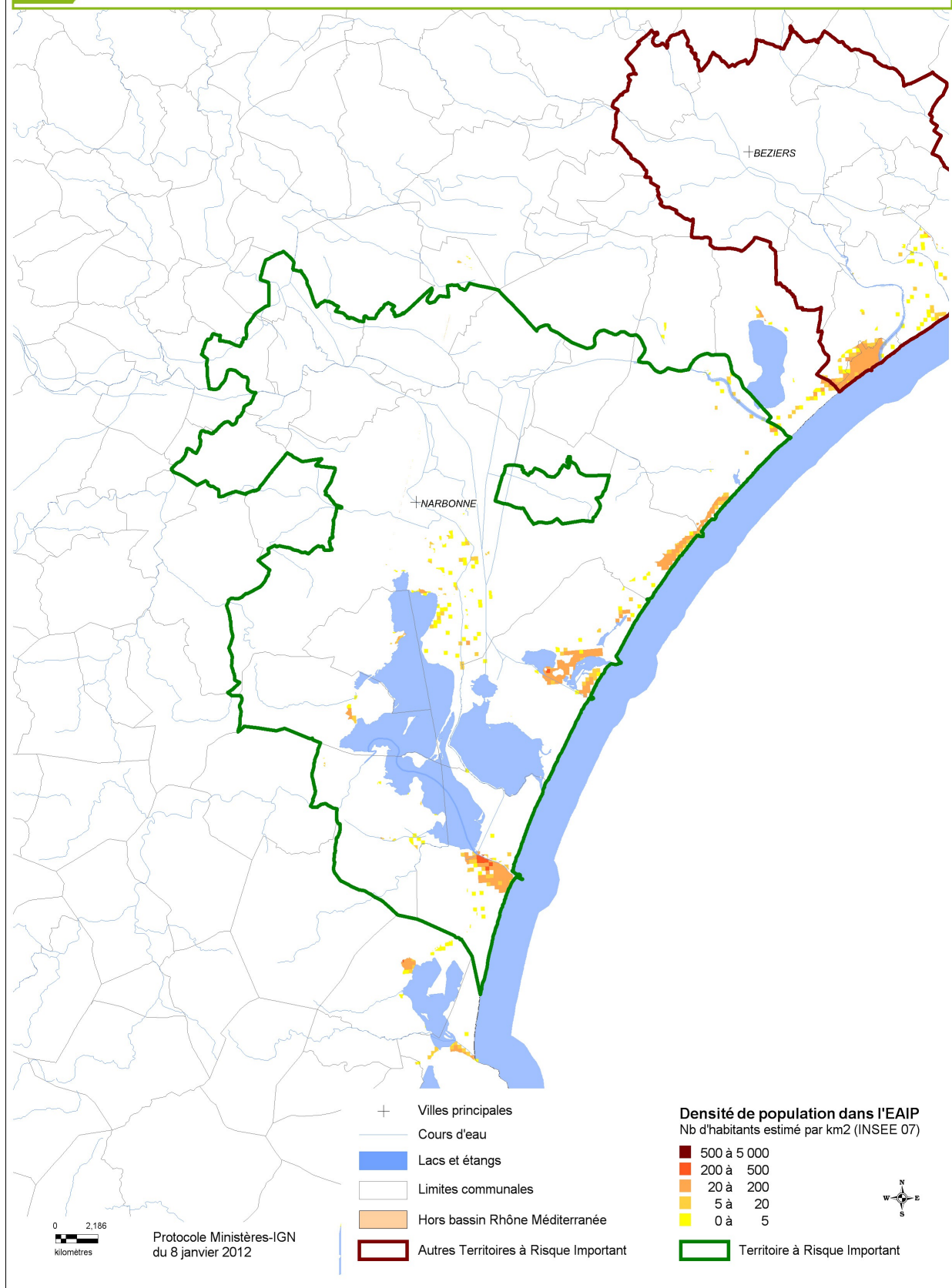


Protocole Ministères-IGN
 du 8 janvier 2012

- + Villes principales
 - Cours d'eau
 - Lacs et étangs
 - Hors bassin Rhône Méditerranée
 - Limites communales
 - Territoire à Risque Important
 - Autres Territoires à Risque Important
- Densité de population dans l'EAIP**
 Nb d'habitants estimé par km2 (INSEE 07)
- 500 à 5 000
 - 200 à 500
 - 20 à 200
 - 5 à 20
 - 0 à 5



TRI de Narbonne Densité de population dans l'EAIP submersion marine

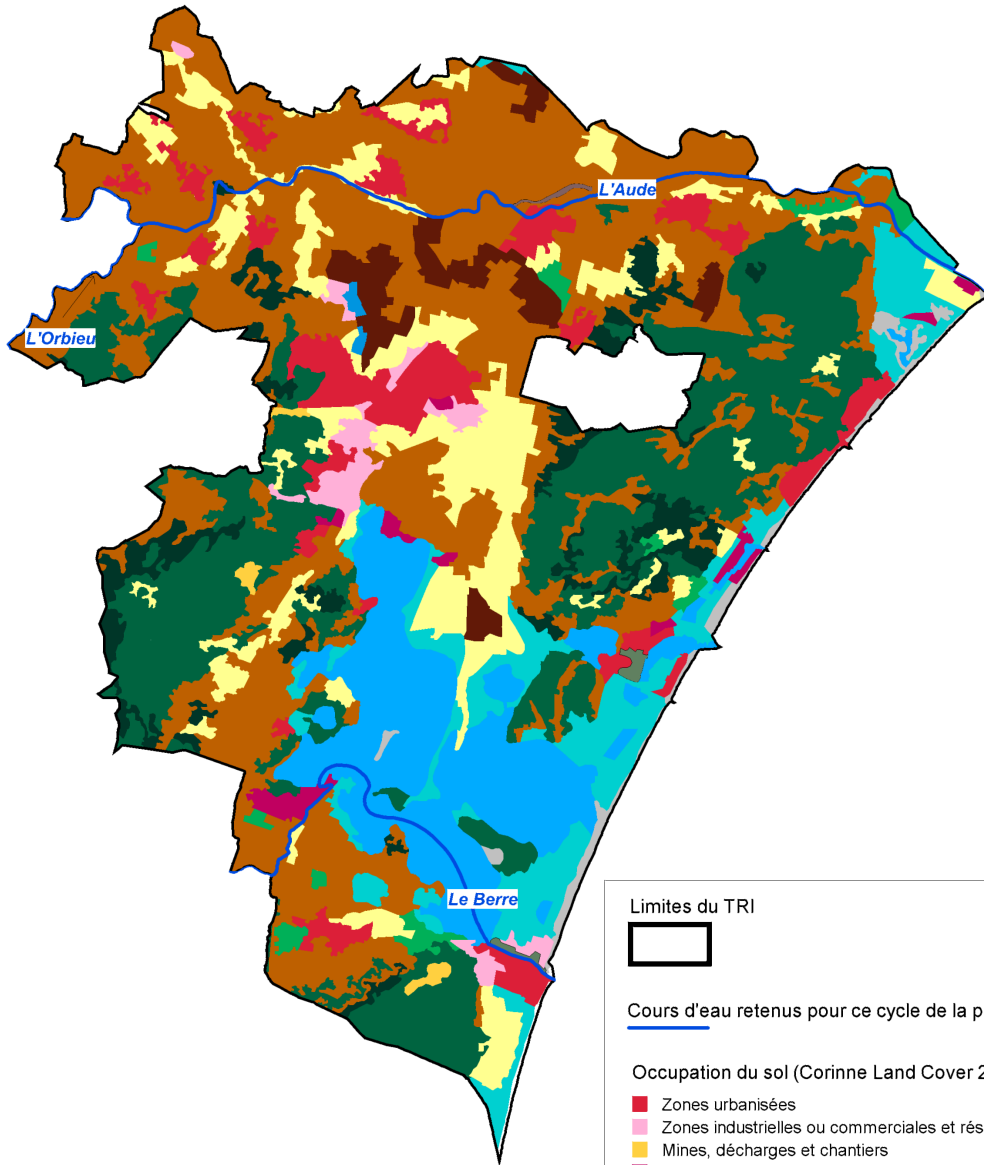


En ce qui concerne l'occupation du sol (voir carte p.16), le TRI de Narbonne se caractérise par une prédominance de zones agricoles, de cultures permanentes (vignobles et vergers) et de zones urbanisées ainsi qu'une poche de surfaces inondables et de zones humides à proximité de la façade littorale.

Cette poche concerne principalement les communes de Gruissan et de Port-la-Nouvelle, et partiellement les communes suivantes : Sigean, Peyriac-de-Mer, Bages et Narbonne. Ces communes sont exposées à une potentielle concomitance de l'aléa submersion marine avec celui du débordement de cours d'eau (ici de la Berre), ce qui accroît leur vulnérabilité.

Les cultures permanentes sont majoritairement situées d'est en ouest du périmètre du TRI, traversées d'amont en aval par l'Aude, et concernent les communes suivantes : Sallèles-d'Aude, Saint-Marcel-sur-Aude, Marcorignan, Névian, Moussan, Cuxac-d'Aude, Coursan, Salles-d'Aude, Vinassan et Narbonne. Cette dernière concentre également les principales zones urbanisées et zones agricoles.

Occupation du sol du TRI de Narbonne en 2006



Limites du TRI

Cours d'eau retenus pour ce cycle de la phase cartographique

Occupation du sol (Corinne Land Cover 2006)

- Zones urbanisées
- Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication
- Mines, décharges et chantiers
- Espaces verts artificialisés, non agricoles
- Terres arables
- Cultures permanentes
- Prairies
- Forêts
- Milieux à végétation arbustive et/ ou herbacée
- Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation
- Zones humides
- Surfaces en eau



Année de production : 2013

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction régionale
de l'Environnement,
de l'Aménagement
et du Logement
LANGUEDOC-
ROUSSILLON

2.2 - Les mesures de prévention contre l'inondation

Les actions du PAPI de l'Aude (périmètre du BV intégrant Carcassonne), signé le 12/07/2006, se poursuivent jusqu'en 2013 avec un programme de travaux plus important dans la basse-plaine de l'Aude (transparence des ouvrages, digues, améliorations des exutoires, du ressuyage et délocalisation).

2.3 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie

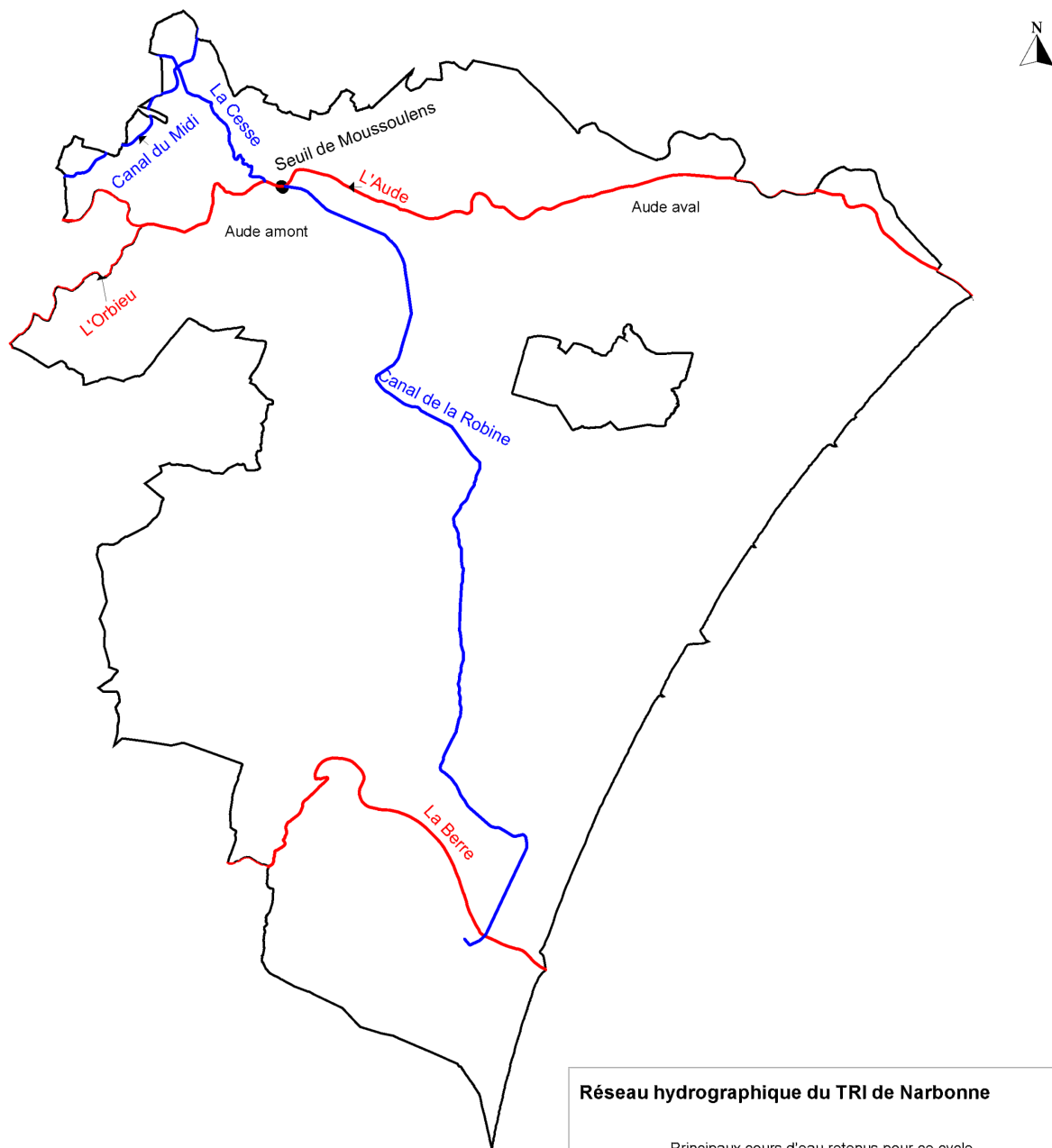
Les phénomènes d'inondation identifiés comme prépondérants sur le TRI de Narbonne concernent les submersions marines et débordements de l'Aude, de l'Orbieu, la Berre. A l'échelle du bassin-versant de l'Aude plus particulièrement, les inondations de type cévenol ou méditerranéen sont très dangereuses de par leur rapidité : le délai de réaction pluie-inondation est inférieur à 40h sur le fleuve Aude et souvent inférieur à 2h sur le petit réseau hydrographique.

La vitesse de propagation de ces phénomènes rend difficile la mise en place d'un réel système de prévision de crue.

Les premiers dommages du territoire sont concernés par des crues très fréquentes (2 à 3 ans) à l'aval du seuil de Moussoulens à Sallèles-d'Aude. La crue de novembre 1999 compte parmi les derniers événements majeurs ayant touché le territoire. Cette crue rapide et particulièrement dommageable, a fortement touché la partie aval du bassin, avec un nombre élevé de victimes (26 morts). D'autres inondations, plus récentes (2005, 2006, 2011) aux dommages moins significatifs, ont lieu ainsi que des submersions marines avec les tempêtes de novembre 1982, décembre 1997 et janvier 2009 touchant le littoral.

Les cours d'eau retenus qui ont été cartographiés dans ce cycle de la DI, pour les 3 scénarios (faible, moyen et extrême), sont les principaux cours d'eau traversant le département de l'Aude, à savoir: l'Aude, l'Orbieu et la Berre (voir carte p.18). Les autres cours d'eau seront cartographiés dans un prochain cycle de la DI.

Carte des cours d'eau principaux de l'Aude dans le périmètre du TRI de Narbonne



Réseau hydrographique du TRI de Narbonne

- Principaux cours d'eau retenus pour ce cycle de la phase cartographique du TRI
- Autres principaux cours d'eau et canaux non retenus pour ce cycle de la phase cartographique

Source : BD Carthage
Année de production : 2013

0 5 10
Kilomètres

Compte tenu du délai limité pour la réalisation des cartes d'aléas et de risques, il a été nécessaire de prioriser les études, et seuls les principaux cours d'eau ont été retenus. Ainsi pour ce TRI, seuls l'Aude, l'Orbieu et la Berre (identifiés en rouge dans la carte précédente p.18) et le phénomène de submersion marine ont été étudiés. Le développement de la connaissance se poursuivra pour les autres cours d'eau et sera valorisé dans le cadre d'un prochain cycle de la mise en œuvre de la Directive européenne relative aux inondations.

Par ailleurs, la cartographie est présentée par cours d'eau. Pour chaque cours d'eau, les débits entrants des affluents ont été pris en compte. Toutefois, la situation à la confluence n'a pas été cartographiée dans son ensemble.

2.4 - Association technique des parties prenantes

Au cours de cette phase d'élaboration des cartes de risques de la directive inondation, l'association des parties prenantes a comporté plusieurs étapes.

D'abord pendant l'élaboration des cartes, chaque DDTM concernée et la DREAL LR ont organisé à deux reprises, dans chaque département, des réunions techniques avec les syndicats de bassins-versants et autres porteurs de PAPI.

La première série de réunions, dès le lancement des études préalables à l'établissement de ces cartes, avait pour objectifs d'exposer le cadre technique retenu au niveau national et d'échanger sur les principaux choix préalables à effectuer au niveau régional. A cette occasion, le périmètre d'étude, donc les cours d'eau à cartographier dans ce premier cycle de mise en œuvre de la directive inondation, a été examiné.

Puis, au terme des études d'aléas, une deuxième série de réunions a été organisée pour indiquer les principaux résultats et pour annoncer les phases suivantes de la directive inondation.

Ensuite, une fois les atlas cartographiques complets achevés, intégrant notamment les cartes de synthèse des surfaces inondables pour tous les scénarios et les cartes de risques, ainsi que les décomptes de populations et emplois en zone inondable, ceux-ci sont mis à la consultation sur Internet pendant deux mois. Ainsi de manière très large, toute personne désirant s'exprimer peut envoyer ses observations à l'administration, selon les modalités indiquées sur le site de la consultation, avant le 15 novembre 2013.

Par ailleurs, une commission géographique inondation Gard-Côtières-Ouest, organisée le 17 octobre, permettra un débat ouvert notamment sur cette phase de la directive inondation.

Les personnes suivantes ont été spécialement informées par courrier de cette consultation et invitées à participer à la commission géographique inondation Gard-Côtières-Ouest :

- les communes des TRI ;
- les intercommunalités ;
- les porteurs de SCOT ;
- les syndicats de bassin-versant ;
- les Commissions Locales de l'Eau (CLE) ;
- les EPTB ;
- les services départementaux d'incendies et de secours (SDIS);

- les conseils régionaux ;
- les conseils généraux ;
- les chambres de commerces et d'industries (CCI) ;
- les chambres d'agriculture ;
- les établissements publics concernés;
- les représentants d'associations de riverains ou de protection de la nature ;
- le CTB ;
- les représentants des assureurs.

Au terme de ces consultations, les cartes des TRI doivent être arrêtées par l'autorité administrative avant le 22 décembre 2013.

3 - Cartographie des surfaces inondables du TRI

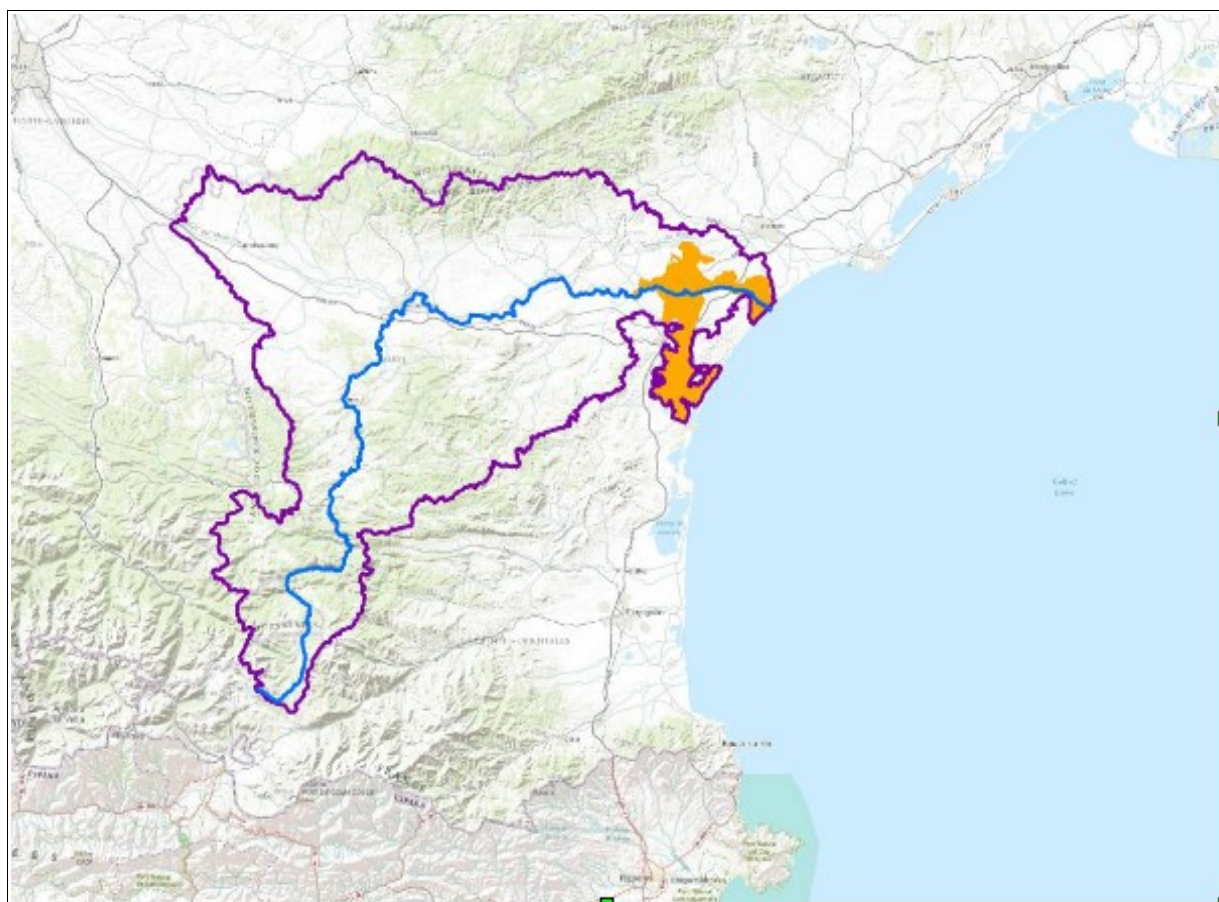
3.1 - Débordement de cours d'eau

3.1.1 - L'Aude

Principales caractéristiques des phénomènes

Avec un bassin versant de près de 5500 km² à l'embouchure, couvrant 80% du territoire départemental, l'Aude, de 224 km de long, constitue le fleuve côtier le plus important de la région Languedoc-Roussillon. L'importance et la fréquence des inondations témoignent de la sensibilité particulière du bassin versant aux inondations de type méditerranéen. Ses surfaces inondables représentent 360 km² réparties essentiellement sur le delta et 16,5% des surfaces urbanisées sont soumises au risque inondation.

Les basses plaines de l'Aude, situées à l'aval du bassin versant de l'Aude et pour partie en limite côtière constituent les 25 km terminaux du cours de l'Aude et représentent un champ d'expansion de crue de plus de 280 km².



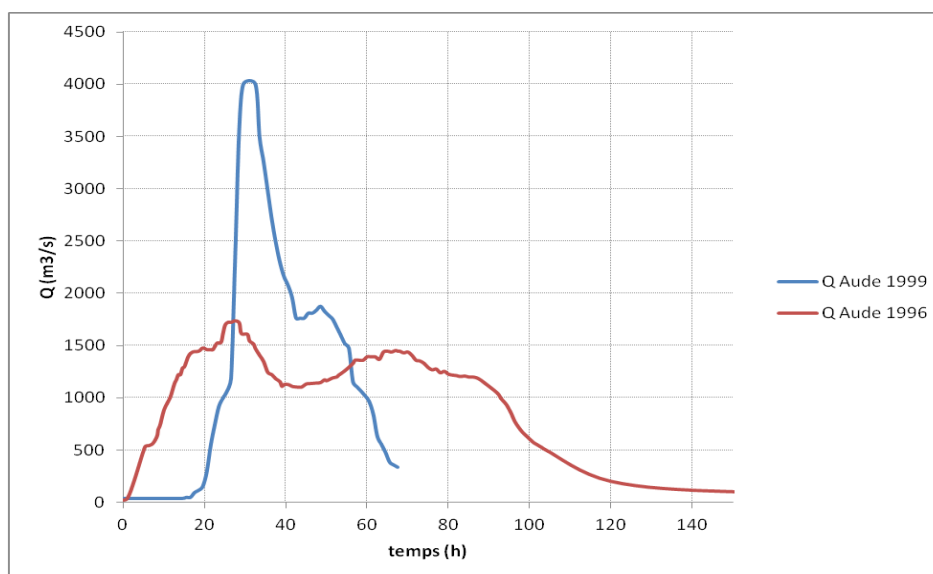
Bassin versant de l'Aude et secteur des basses plaines (en orange)

Les temps de propagation des crues varient de 3h à 12h pour le fleuve au niveau de Carcassonne, selon la « contribution » des affluents amont mais peut se réduire à 1h ou 2h dans certains sous-bassins (Cesse, Orbieu, Orbiel, Argent-Double notamment). Ainsi pour les grandes crues historiques, les débits de pointe peuvent aller de 3 à 4000 m³/s pour des volumes de 300 à 400 millions de m³ en quelques jours.

Le bassin versant de l'Aude est marqué par des zones urbanisées soumises à un fort risque inondation : Sallèles d'Aude, Cuxac d'Aude, Les Garigots, Coursan, Narbonne ainsi que de nombreux domaines situés dans la plaine inondable.

Les principales grandes crues ayant affecté la basses plaines de l'Aude sont les suivantes : celles du 25 octobre 1891, du 3 mars 1930, du 18 octobre 1940 et, plus récemment, du 13 novembre 1999.

Compte tenu de l'important champ d'expansion de crue qu'elles constituent (potentiellement plusieurs centaines de millions de m³), les événements affectant les basses plaines sont caractérisés à la fois par leur débit de pointe, mais aussi par leur volume. On peut à ce titre citer les exemples contrastés des crues de décembre 1996 (faible débit de pointe mais fort volume) et de novembre 1999 (fort débit de pointe mais volume limité) dont les hydrogrammes sont fournis ci-dessous.



Comparatif des hydrogrammes des crues de 1996 et 1999

Ouvrages pris en compte

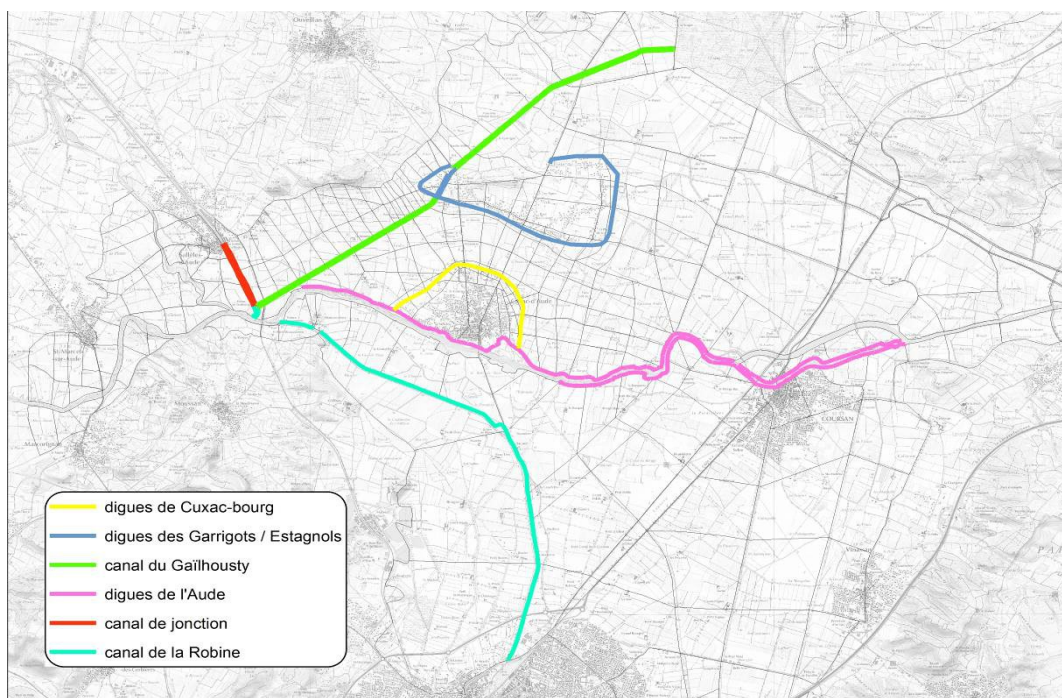
Fonctionnement hydraulique des basses plaines de l'Aude

Sur tout le secteur des basses plaines, le fleuve Aude est endigué ou coule en « toit », le lit mineur étant plus haut que le lit majeur qui l'entoure.

Plusieurs déversoirs permettent de gérer les premiers débordements du lit endigué vers le lit majeur. La capacité du lit endigué avant apparition des premières surverses est de l'ordre de 650 m³/s, correspondant à une crue de période de retour de l'ordre de 2 ans.

Si une part importante des basses plaines est rapidement inondée suite à ces premières surverses, plusieurs secteurs, « protégés » par les différentes infrastructures (notamment les canaux) qui jalonnent le lit majeur, restent hors d'eau jusqu'à des débits sensiblement plus importants. Il convient à ce titre de citer le déversoir de Sallèles-d'Aude (canal de jonction), dont l'entrée en fonctionnement ne se produit qu'au-delà de 1400 m³/s et qui est « responsable » de l'inondation du secteur nord et d'une partie de la rive gauche des basses plaines.

Par ailleurs, suite notamment à la crue historique de novembre 1999, des endiguements rapprochés des zones habitées de Cuxac-bourg, des Estagnols et des Garrigots sont actuellement en cours de construction et assureront une protection contre une crue proche de la centennale.



Carte de localisation des principaux ouvrages pris en compte dans le cadre du TRI de Narbonne (digues classées ou ouvrages en remblai)

Ouvrages retenus pour ce cycle de la phase cartographique

Pour ce cycle de la phase cartographique, le TRI de Narbonne répertorie 22 digues dont 9 sont de classe B (les autres de classe C). Parmi les 9 digues de classe B, 6 sont situées sur le cours d'eau de l'Aude, ou à proximité du cours d'eau de l'Aude (affluent la Cesse par exemple):

- **Cuxac_bourg** (Cuxac d'Aude), digue de 2 km, longeant et protégeant la partie sud du bourg face à un risque potentiel de débordement de cours d'eau de l'Aude ;
- **Cuxac_Bourg_lit_majeur** (Cuxac d'Aude), de 3,4 km, forme une boucle autour de la commune, rejoignant les extrémités de la digue Cuxac_bourg. Elle a été conçue pour protéger Cuxac-d'Aude d'une crue dans le lit majeur de l'Aude ;
- **Garrigots-Estagnol** (Cuxac d'Aude), de plus de 6 km de long, située au nord de la commune, longeant en grande partie le Ruisseau Audié et protégeant d'une crue dans le lit majeur de l'Aude.
- **Déversoir_grandvigne, Mur_coursan et Chemin_digue** (Coursan), 3 digues qui totalisent 1 km environ, bordant l'Aude et réduisant la vulnérabilité de la commune (partie nord) située à proximité du cours d'eau ;
- **Sallèles_est** (Sallèles d'Aude), longue de 370 m, protège la partie est du hameau de Sallèles-d'Aude qui compte de nombreuses écluses puisqu'elle est traversée par un Canal de Jonction (à sa gauche) au Canal du Midi ;
- **Sallèles_ouest** (Sallèles d'Aude), longue de 500 m, protège la partie ouest de la commune, notamment d'un possible débordement de cours d'eau de la Cesse (à sa droite), située en parallèle du Canal de Jonction ;

Avec 5 ouvrages de classe B sur 9, totalisant 12 km de digues, les communes de Sallèles d'Aude et Cuxac d'Aude sont les plus exposées au risque de débordement de cours d'eau.

La situation de Cuxac d'Aude, à l'entrée des basses plaines de l'Aude, est rendue particulièrement complexe

par les constructions en lit majeur, dans une situation naturelle très défavorable, c'est-à-dire dans une zone de forts écoulements du delta d'un fleuve soumis à de très importantes crues à montée rapide. Sa partie agglomérée s'adosse aux digues de l'Aude, en rive gauche : en cas de crue décennale et au-delà, la plaine (rives gauche et droite) est naturellement inondée, le bourg est isolé.

Etudes et méthodes mobilisées

Hydrologie

Aucune étude spécifique n'a été conduite pour redéfinir les hypothèses hydrologiques prises en compte dans la cartographie des zones inondables dans le cadre de la mise en œuvre de la directive inondation. En l'espèce, ces hypothèses sont :

- Issues des différentes analyses statistiques antérieures pour l'évènement fréquent ;
- La crue historique de novembre 1999 pour l'évènement moyen ;
- Une crue égale à 1,75 fois la crue de 1999 pour l'évènement rare.

Davantage de détails quant aux hypothèses précises retenues pour chaque scénario sont fournis dans les paragraphes suivants.

Modélisation hydraulique mise en œuvre

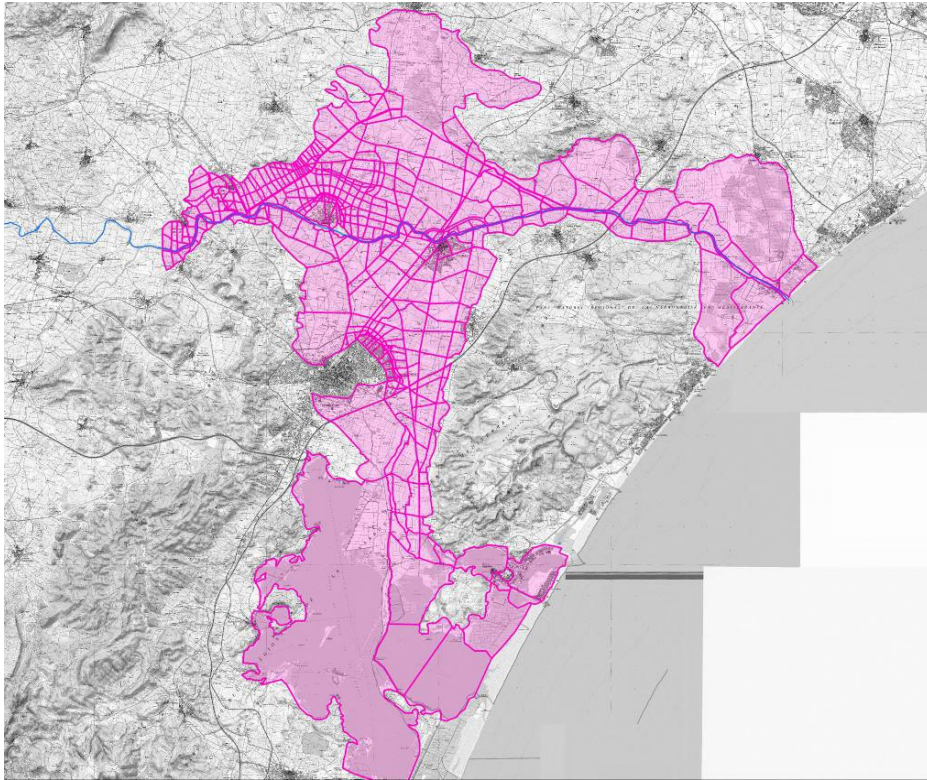
BRLi a réalisé pour le compte du Syndicat Mixte du Delta de l'Aude un modèle hydraulique à casiers des basses plaines de l'Aude. Ce modèle a notamment permis :

- ▶ De mieux comprendre le fonctionnement hydraulique des basses plaines,
- ▶ De cartographier le risque inondation sur ce territoire pour différentes occurrences de crue,
- ▶ De définir un programme d'aménagement de protection contre les inondations à l'échelle de l'ensemble des basses plaines.

Développé avec le logiciel ISIS et constitué initialement de 367 casiers (2800 nœuds de calcul), ce modèle a ensuite été amélioré au fil des années, en introduisant notamment les différents travaux d'aménagement, en bénéficiant des retours d'expérience des crues qui se sont produites depuis lors et en intégrant les éléments de topographie plus précis disponibles.

Dernièrement, ce modèle a en l'occurrence intégré la topographie issue des campagnes LiDAR Litto3D (précision en Z inférieure à 15 cm), améliorant très sensiblement la précision des données topographiques disponibles jusqu'à présent en lit majeur.

Le modèle hydraulique (et ses variantes propres à chaque évènement) ainsi utilisé dans le cadre de la cartographie des zones inondables par débordement de l'Aude du TRI de Narbonne compte désormais 440 casiers (3090 nœuds de calcul). La carte ci-après fournit un aperçu de l'architecture du modèle en question.



Architecture du modèle hydraulique des basses plaines de l'Aude

Précisions sur les phénomènes étudiés et cartographiés

La cartographie des zones inondables réalisée ne tient compte que des seuls débordements de l'Aude. De fait, l'emprise des zones inondables n'inclut pas les zones inondées par les différents affluents dont le Rec de Veyret, ou les écoulements par le canal de la Robine.

Cartographie des surfaces inondables

Cartographie des surfaces inondables, pour tout scénario confondu

Modes de représentation retenus pour la cartographie

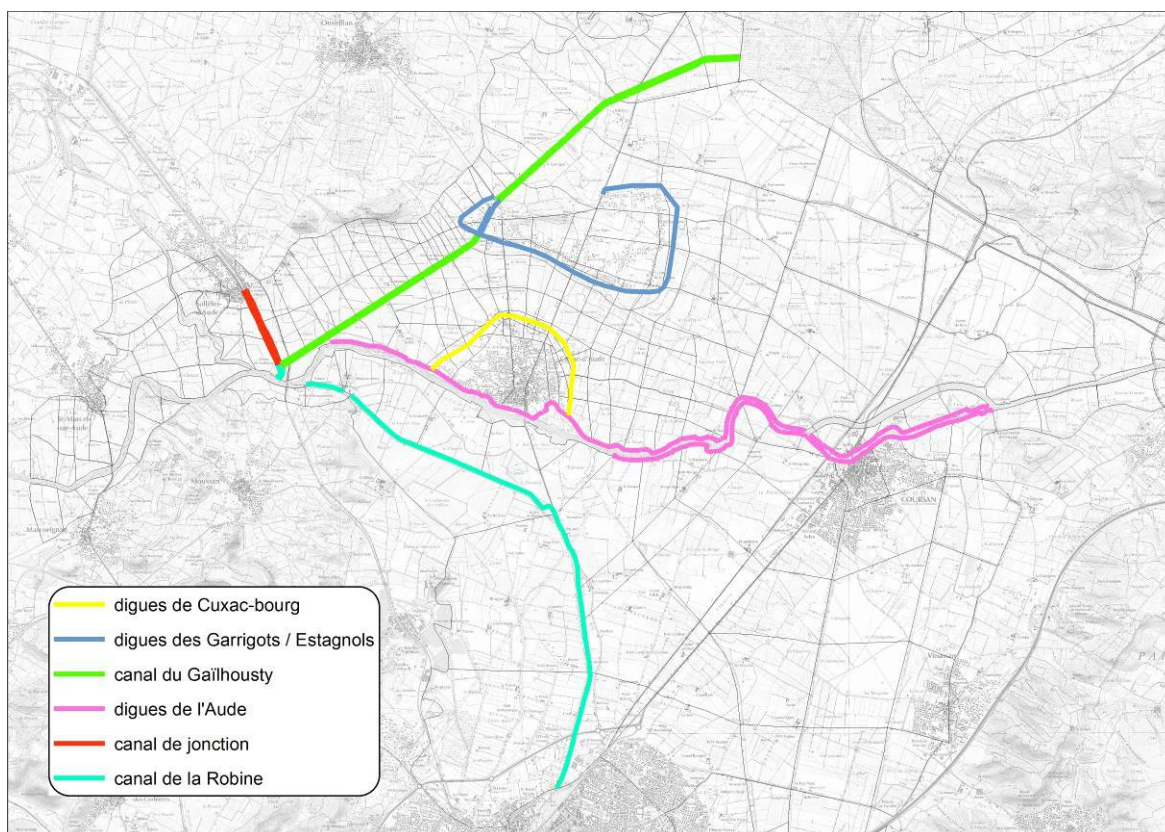
• Cartographie des hauteurs d'eau

Compte tenu des niveaux de submersion parfois importants rencontrés sur les basses plaines de l'Aude, les hauteurs d'inondation ont été cartographiées au travers de 4 classes :

- Hauteur comprise entre 0 et 50 cm ;
- Hauteur d'eau comprise entre 50 cm et 1 m ;
- Hauteur d'eau comprise entre 1 et 2 m ;
- Hauteur d'eau supérieure à 2 m.

L'évaluation de ces hauteurs d'eau s'appuie sur le calcul en tout point de la différence entre la cote calculée interpolée et celle du terrain naturel, issue de la topographie Litto3D.

La limite de la zone d'étude au sud est le chenal de Port-la-Nouvelle. La condition limite aval de l'Aude définie par le niveau marin pour chaque évènement n'est donc pas représentée pour l'Aude au sud du chenal de Port-la-Nouvelle sur les cartes présentant les aléas de l'Aude par scénario. Cependant cette zone est bien inondée par les niveaux marins de chaque évènement tel que représenté sur les cartes de débordement de cours d'eau de la Berre.



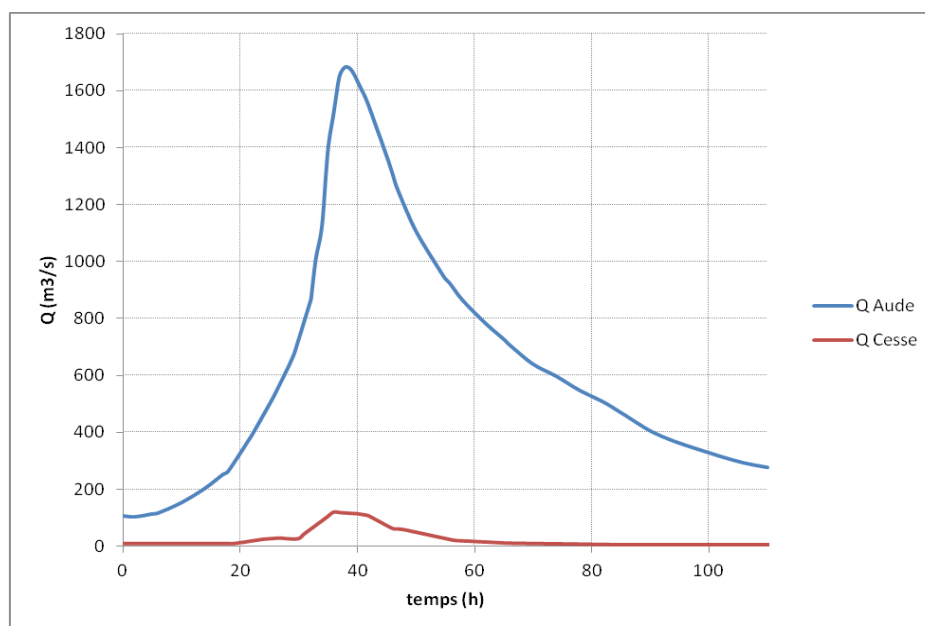
Carte de localisation des principaux ouvrages pris en compte dans le cadre du TRI de Narbonne (digues classées ou ouvrages en remblai)

Les hypothèses de résistance ou d'effacement de ces ouvrages en fonction du niveau du scénario cartographié sont, pour ce qui concerne les digues de Cuxac-bourg et des Garrigots / Estagnols et les digues de l'Aude, issues des études de dangers des systèmes d'endiguement concernés.

Cartographie de l'évènement fréquent

Descriptif du scénario retenu

L'évènement fréquent retenu correspond à la crue décennale, que ce soit en débit ou en volume. Les hydrogrammes (Aude + Cesse) injectés en entrée du modèle sont indiqués ci-après. Le débit de pointe de la crue résultante est d'environ 1900 m³/s et son volume est proche de 260 Mm³ (pour un volume débordé théorique de l'ordre de 70 Mm³).



Hydrogrammes de l'évènement fréquent

Les conditions limites aval du modèle sont fournies par le niveau marin dont la cote est prise égale à 1,3 mNGF (niveau de l'évènement fréquent de submersion marine). Ces conditions limites aval sont réputées être établies sur un temps infiniment long. Elles ne tiennent donc pas compte de l'inertie de remplissage des étangs ni d'un quelconque déphasage avec la crue de l'Aude ; une telle hypothèse constitue une approche sécuritaire vis-à-vis des niveaux d'inondation sur la zone aval des basses plaines.

Hypothèses prises en compte pour les ouvrages de protection

Pour cet évènement, compte tenu des éléments de diagnostic et/ou de dimensionnement des différents ouvrages (notamment études de dangers afférentes aux digues de l'Aude et de Cuxac-bourg / Garrigots / Estagnols), il est fait l'hypothèse d'une tenue de l'ensemble des ouvrages (digues classées, canaux, remblais, etc.).

La configuration hydraulique retenue est donc identique à celle représentée dans le modèle de « base ».

Zones soustraites aux inondations

Pour mémoire, on entend par zone soustraite la zone protégée qui est soustraite à une inondation naturelle par l'existence d'un ensemble de digues et de tronçons. C'est donc la zone qui serait inondée en l'absence de digue.

Les déversoirs des digues de l'Aude entrant en fonction dès la crue biennale, il n'est pas considéré de zone soustraite aux inondations par ces ouvrages.

En revanche, pour les ouvrages de protection rapprochée de Cuxac-bourg et des Garrigots / Estagnols, la zone soustraite a été cartographiée.

Zones de sur-aléa

Les probabilités de défaillance des différentes digues classées étant jugées négligeables pour des occurrences telles que celle envisagée pour l'évènement fréquent (niveau de sûreté supérieur à la décennale), aucune zone de sur-aléa n'a été cartographiée.

Incertitudes et limites

Il est important de rappeler en préambule et pour l'ensemble des scénarios que, suite à l'introduction de la nouvelle topographie, les paramètres du modèle (rugosité et coefficients d'ouvrages) n'ont pas été recalés par rapport à ceux utilisés dans la précédente version du modèle. En effet, l'absence de données de crue récentes (notamment niveaux atteints en lit majeur), représentatives de la configuration actuelle (travaux réalisés) et « nominale » (absence de brèches) du secteur, n'a pas permis de procéder à la classique opération de calage du modèle.

Il convient toutefois de préciser que :

- Les paramètres retenus initialement sont tout à fait conformes aux valeurs habituellement prises en compte ;
- Les écarts entre le modèle initial et le modèle intégrant la topographie Litto3D restent en général inférieurs à l'incertitude du modèle (cf. infra).

Par ailleurs, le modèle hydraulique utilisé a été développé à l'origine pour analyser des évènements relativement importants. Tant les choix de modélisation que les ouvrages et infrastructures retenus ont été optimisés dans cet objectif. En l'espèce, certains ouvrages ou infrastructures secondaires, rapidement noyés ou transparents ne sont pas représentés. Par ailleurs, la finesse de représentation du modèle est très hétérogène à l'échelle de l'ensemble des basses plaines (cf. carte de l'architecture du modèle présentée ci-avant), seuls certains secteurs (futurs aménagements, zones de grand écoulement, enjeux humains, etc.) disposant d'un « maillage » relativement dense.

Pour une crue fréquente telle que celle présentement envisagée, les hauteurs de submersion restent parfois faibles et les hypothèses simplificatrices précitées sont mises en défaut. L'existence de micro-relief est à même de créer des écarts de niveau d'eau sensibles au sein d'un même casier, ce que le modèle est par définition incapable de rendre compte.

Enfin, l'inondation de certains secteurs est très sensible aux hypothèses hydrologiques utilisées en entrée (débit de pointe et volume), de part les effets « seuil » de certains mécanismes d'inondation.

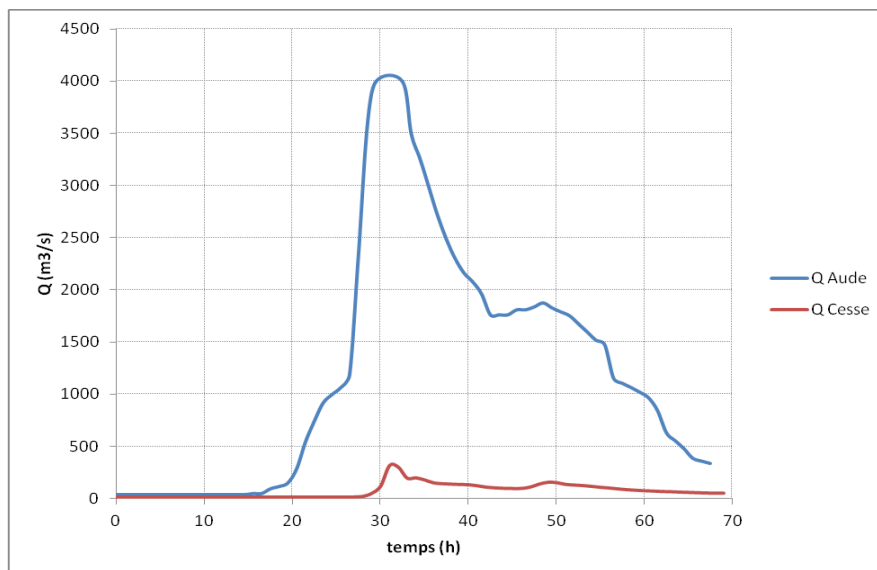
En définitive, en cumulant les incertitudes liées à la détermination, en débit et a fortiori en volume, de la crue décennale, et les incertitudes intrinsèques du modèle hydraulique, les incertitudes sur les niveaux d'inondation peuvent être estimées entre +/- 20 cm et +/- 50 cm selon les secteurs.

Cartographie de l'évènement moyen

Descriptif du scénario retenu

L'évènement moyen envisagé est un scénario « composite » : 4 sous-scénarios résultant de 4 configurations associées chacune à un hydrogramme (celui de la crue de novembre 1999 pour 3 d'entre elles, celui de décembre 1996 pour la dernière).

Les hydrogrammes (Aude + Cesse) injectés en entrée du modèle pour la crue de 1999 sont rappelés ci-après.



Hydrogrammes associés à la crue de novembre 1999

Le débit de pointe de la crue de 1999 est de l'ordre de 4000 m³/s, ce qui est légèrement supérieur au débit de pointe centennal estimé (3600 m³/s).

Le résultat cartographié correspond en tout point des basses plaines au maximum des cotes d'inondation calculées parmi les 4 sous-scénarios considérés :

$$Z_{\text{événement_moyen}} = \max(Z_{\text{ss-sc}_1}, Z_{\text{ss-sc}_2}, Z_{\text{ss-sc}_3}, Z_{\text{ss-sc}_4})$$

Où $Z_{\text{ss-sc}_1}$, ..., $Z_{\text{ss-sc}_4}$ sont respectivement les cotes maximales calculées pour les sous scénarios 1, ..., 4 (cf. infra) du scénario « moyen ».

Les conditions limites aval du modèle sont fournies par le niveau marin dont la cote est prise égale à 2,0 mNGF (niveau de l'évènement moyen de submersion marine). Ces conditions limites aval sont, comme précédemment, réputées être établies sur un temps infiniment long.

Les paragraphes qui suivent détaillent les hypothèses propres à chaque sous-scénario.

Hypothèses prises en compte pour les ouvrages de protection

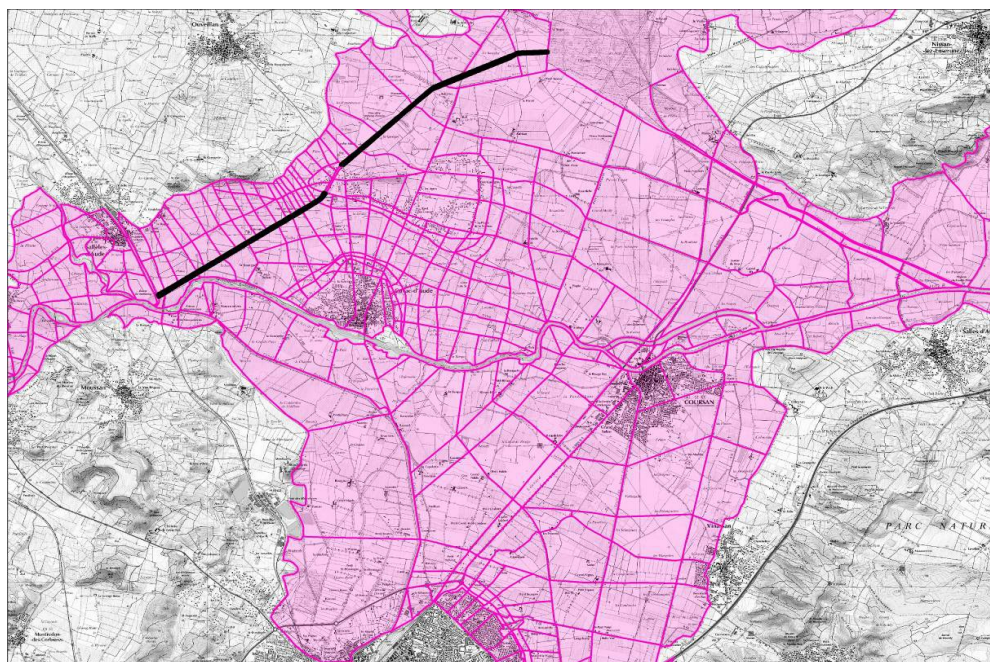
Pour cet évènement, compte tenu des éléments de diagnostic et/ou de dimensionnement des différents ouvrages, il est fait l'hypothèse, pour tous les sous-scénarios :

- Pour tous les sous-scénarios :
 - De la tenue des digues de protection rapprochée de Cuxac-bourg et des Garrigots/Estagnols (cf. digues déversantes résistantes à la submersion) ;
 - De l'effacement complet des digues du canal du Gaïlhousty (modélisées à la cote du TN en pied) ;

- De la formation de brèches sur les digues de l'Aude (sous-scénarios 1, 2 et 3) ou non (sous-scénario 4).

Les hypothèses de brèches retenues pour les 3 sous-scénarios de défaillance des digues de l'Aude sont celles qui ont été utilisées dans le cadre des études de dangers afférentes aux digues en question et dont la probabilité d'occurrence était du même ordre de grandeur que celle de l'événement moyen.

Elles sont localisées sur la carte ci-dessous et leurs caractéristiques sont rappelées dans le tableau ci-après.



Ouvrages supposés « effacés » (en noir) pour l'événement moyen et localisation des 3 brèches modélisées

Sous-scénario	Localisation de la brèche	Débit de pointe de l'hydrogramme de rupture	Volume de l'hydrogramme de rupture	Crue modélisée
1	Rive gauche de l'Aude au niveau de la Bourgade	350 m3/s	24 Mm3	1999
2	Rive gauche de l'Aude au droite des déversoirs	300 m3/s	30 Mm3	1999
3	Rive gauche de l'Aude au niveau de la Carbone	25 m3/s	600 000 m3	1996
4	Sous-scénario sans brèche	Sans objet	Sans objet	1999

Tableau récapitulatif des sous-scénarios et hypothèses de brèches retenus (cf. étude de dangers « digues et déversoirs de l'Aude »)

Les résultats cartographiés intègrent donc l'aléa généré par la formation progressive des 3 brèches considérées. En revanche, l'effacement des digues du canal du Gailhousty est pris en compte dès le début de chaque simulation, conduisant potentiellement, en fonction de l'instant « réel » de rupture effectif au cours de la crue :

- A une sous-estimation des niveaux d'eau en amont dudit canal ;

- A une non représentation de l'aléa propre au phénomène de rupture du canal.

Zones soustraites aux inondations

Les déversoirs des digues de l'Aude entrant en fonction dès la crue biennale, il n'est pas considéré de zone soustraite aux inondations par ces ouvrages.

Les digues de Cuxac-bourg et des Garrigots / Estagnols sont en surverse pour cet évènement. Cela est dû à la fois au fait que la crue de 1999 est supérieure à la centennale et que les digues du canal du Gaïlhousty sont supposées arasées (hypothèse entraînant un exhaussement de 30 cm environ des cotes d'inondation dans la plaine de Cuxac). En conséquence, les deux zones protégées sont inondées et il n'est donc pas considéré de zone soustraite.

Zones de sur-aléa

Les probabilités de défaillance de certains tronçons des digues de l'Aude ne peuvent être jugées négligeables pour des occurrences telles que celle envisagée pour l'évènement moyen (niveau de sûreté supérieur à la décennale).

Comme indiqué dans le paragraphe relatif aux hypothèses prise en compte pour les ouvrages de protection, 3 scénarios de défaillance dont la probabilité est du même ordre de grandeur que celle du scénario moyen ont été repris dans le cadre de sa cartographie. Cette cartographie intègre donc d'ores et déjà le sur-aléa lié à une éventuelle rupture de ces digues.

Pour les ouvrages supposés résistants (chenal de Coursan et digues de protection rapprochée de Cuxac-bourg et des Garrigots / Estagnols), la zone de sur-aléa a en revanche été explicitement cartographiée en considérant une bande de sur-aléa de 100 fois la hauteur moyenne de l'ouvrage en arrière de celui-ci.

Incertitudes et limites

Le choix de l'évènement moyen s'étant porté sur deux crues historiques et non sur une crue statistique fictive, les incertitudes propres à l'hydrologie sont de fait moindres.

Par ailleurs, le modèle ne représentant pas les débits se propageant au travers du canal de la Robine dans sa traversée de Narbonne, ni les débits provenant du Rec de Veyret, (cf. carte décrivant l'architecture du modèle), la cartographie du risque inondation au sein de Narbonne est incomplète.

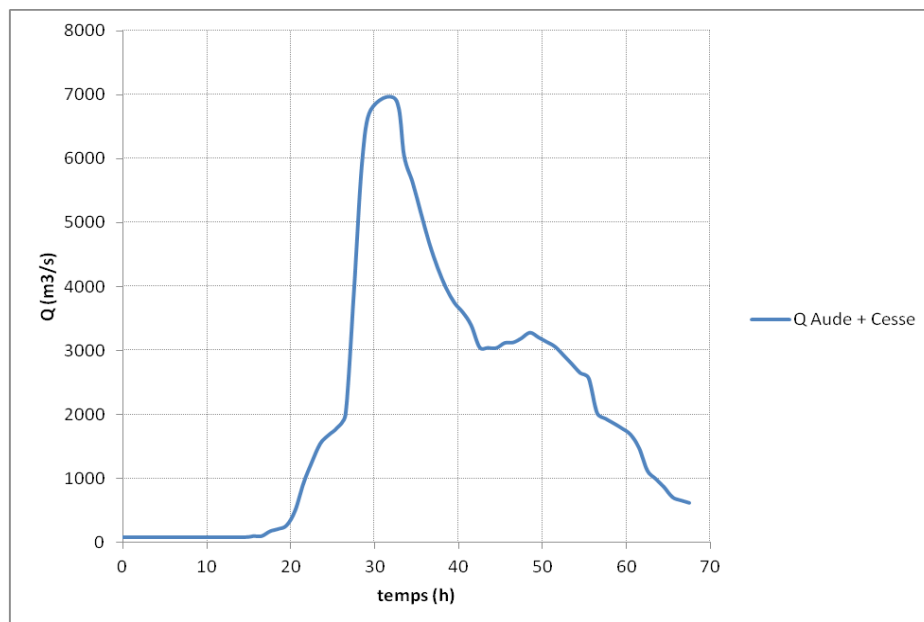
En termes hydrauliques, en dehors des problèmes inhérents à l'absence de prise en compte des effets dynamiques de la rupture des digues du canal du Gaïlhousty et des limites propres au choix des hypothèses de brèches retenues, la précision des résultats peut être estimée entre +/- 20 cm et +/- 40 cm en général.

Cartographie de l'évènement extrême

Descriptif du scénario retenu

L'évènement extrême considéré correspond à une crue dont l'hydrogramme est 1,75 fois celui de la crue de novembre 1999. Faute d'éléments plus précis – notamment chroniques longues de débit, cette méthode et le facteur multiplicatif retenu permettent « classiquement » d'estimer, en Languedoc-Roussillon, le débit de pointe de la crue millénaire.

L'hydrogramme cumulé de l'Aude et de la Cesse est indiqué ci-après.



Hydrogramme théorique retenu pour l'évènement rare

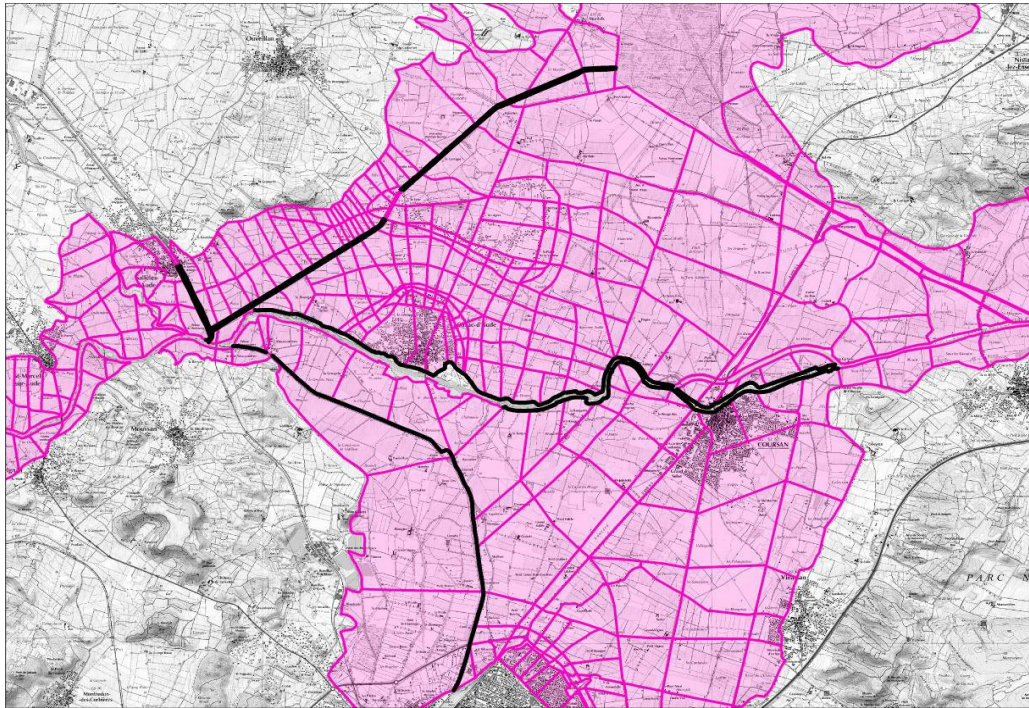
Les conditions limites aval du modèle sont fournies par le niveau marin dont la cote est prise égale à 2,8 mNGF (niveau de l'évènement rare de submersion marine). Ces conditions limites aval sont comme précédemment réputées être établies sur un temps infiniment long.

Hypothèses prises en compte pour les ouvrages de protection

Pour cet évènement, compte tenu des éléments de diagnostic et/ou de dimensionnement des différents ouvrages, il est fait l'hypothèse :

- De la tenue des digues de protection rapprochée de Cuxac-bourg et des Garrigots / Estagnols (cf. digues déversantes résistantes à la submersion);
- De l'effacement complet des digues classées de l'Aude (hors digues du chenal de Coursan) entre Moussoulens et la Carbone (cf. résultats de l'étude de dangers);
- De l'effacement complet des digues du canal du Gailhousty ;
- De l'effacement complet des digues du canal de jonction ;
- De l'effacement complet des digues du canal de la Robine.

Toutes les digues et ouvrages en remblai effacés sont supposés l'être dès le début de la crue et aucun effet dynamique aggravant associé à la rupture desdits ouvrages n'est donc envisagé.



Digues supposées « effacées » (en noir) pour l'évènement rare

Zones soustraites aux inondations

Les déversoirs des digues de l'Aude entrant en fonction dès la crue biennale, il n'est pas considéré de zone soustraite aux inondations par ces ouvrages.

Les digues de Cuxac-bourg et des Garrigots / Estagnols sont en surverse pour cet évènement. En conséquence, les deux zones protégées sont inondées et il n'est donc pas considéré de zone soustraite.

Zones de sur-aléa

Comme indiqué ci-avant seuls le chenal de Coursan et les digues de protection rapprochée de Cuxac-bourg et des Garrigots / Estagnols sont supposés ne pas être effacés pour cet évènement.

La cartographie des zones de sur-aléa est donc limitée à ces trois ouvrages. Le principe de cartographie repose là aussi sur une bande de 100 fois la hauteur moyenne de chaque ouvrage en arrière de ceux-ci.

Incertitudes et limites

La caractéristique de cet évènement est d'être extrême plutôt que d'être associé à une période de retour définie. De fait, la notion d'incertitude perd de son sens puisque l'évènement cartographié est lui-même « incertain », tant dans ses hypothèses hydrologiques que dans le choix de la configuration hydraulique qui lui est rattachée.

Par ailleurs, le modèle ne représentant pas les débits se propageant au travers du canal de la Robine dans sa traversée de Narbonne, ni les débits provenant du Rec de Veyret, (cf. carte décrivant l'architecture du modèle), la cartographie du risque inondation au sein de Narbonne est incomplète.

En outre, comme pour l'évènement moyen, l'effacement supposé des ouvrages dès le début de la crue tend à minorer sensiblement les hauteurs d'eau en amont de ceux-ci et à modifier la répartition des écoulements avant que les brèches et ruines des ouvrages ne soient effectives. Il est à ce titre important de signaler qu'en rive droite de l'Aude, entre Moussoulens et Cuxac-d'Aude, compte tenu de l'effacement du canal de jonction et des digues de l'Aude rive gauche, les débits et donc les niveaux d'inondation sont plus faibles que pour les évènements moyen et même fréquent, ce qui ne correspond pas à l'objectif d'avoir une gradation des scénarios d'inondation.

Néanmoins, en dehors de ces limites, les résultats cartographiés peuvent être considérés avoir une précision de l'ordre de +/- 40 cm.

3.1.2 - L'Orbieu

Principales caractéristiques des phénomènes

Situé dans la partie occidentale du département de l'Aude, le bassin de l'Orbieu (750 km²) s'étale d'Est en Ouest sur une longueur d'environ 90 km (longueur hydraulique de 85 km). Au coeur des Corbières, l'Orbieu prend sa source sur le piémont Pyrénéen dans le massif de Mouthoumet à 680 m d'altitude pour se jeter dans l'Aude à Raissac d'Aude à 20 m d'altitude.

Son bassin, d'une pente de plus de 5% en amont dégressant vers l'aval (moins de 1,5%), représente 13 % de la surface drainée par l'Aude ce qui fait de l'Orbieu l'un de ses principaux affluents.

L'Orbieu s'écoule sur un territoire constitué de trois entités géomorphologiques distinctes :

- à l'amont jusqu'à St-Pierre-des-Champs, le relief est de type montagnard, la rivière, très encaissée, s'écoule dans un environnement forestier où dominant les feuillus et quelques pins ;
- à l'aval de la confluence de l'Alsou, le bassin s'élargit et devient plus cultivé : les bois font place à la garrigue puis à la vigne jusqu'à Ribaute ;
- à l'aval, l'Orbieu traverse la plaine alluviale de l'Aude sur des terrains occupés par les vignes et les cultures.

Le bassin hydrographique de l'Orbieu est essentiellement rural. Les enjeux commencent réellement au niveau de Saint Pierre-des-Champs. Quatre villages sont exposés très fréquemment aux inondations : Lagrasse, Ornaisons, Villedaigne et Raissac d'Aude.

Cependant le bassin versant a été très lourdement touché par les inondations de novembre 1999 et beaucoup d'autres villages ont été inondés : Tournissan, Talairan, Saint Pierre-des-Champs. La plupart de ces villages ont aussi été touchés lors des crues moins violentes qu'en 1999. Les crues de 1996, 2005 et 2006 comptent parmi les épisodes marquants les plus récents.

L'Aude et l'Orbieu, à l'amont du seuil de Moussoulens à Sallèles-d'Aude

Études et méthodes mobilisées

CARTINO PC est un outil pour réaliser des modélisations 1D simplifiées, développé par le CETE Méditerranée avec l'appui du CETMEF, qui permet d'élaborer des cartographies de surfaces inondables à partir de données hydrologiques (issues de la BDD Shyreg) et de données topographiques (Modèle Numérique de Terrain). Cet outil est plus particulièrement adapté pour la caractérisation des surfaces

inondables d'un événement extrême, mais peut également être utilisé pour les événements fréquents et moyens, accompagné alors d'une expertise hydraulique plus forte.

Cet outil a notamment été développé dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Inondation pour aider les services à caractériser les surfaces inondables là où aucune étude ne pouvait être exploitée.

Les données hydrologiques ont été comparées entre la banque Hydro, la base de données SHYREG et les débits PPRi à privilégier dans le cadre de la DI.

Un débit de 2550m³/s à la station de Luc sur Orbieu et de 4000m³/s à la station de Moussoulens ont été retenus dans le PPRi

Pour l'événement moyen, un débit constant de 2550m³/s a été choisi entre l'amont du secteur d'étude de l'Orbieu jusqu'au Nord-Est de Villedaigne et un débit constant de 4000m³/s jusqu'à Moussoulens.

Un ratio de 1.75 a été appliqué entre l'événement moyen et l'événement extrême sur demande de la DDTM de l'Aude.

Ouvrages pris en compte

Aucun ouvrage hydraulique n'a été pris en compte dans le calcul CARTINO.

Les digues de Sallèles-Est et de Sallèles-Ouest sont considérées comme effacées pour des événements moyens et extrêmes dans le classement fourni dans la base de données sur les ouvrages hydraulique SIOUH.

Cartographie des surfaces inondables

Cartographie de l'évènement fréquent

Comme indiqué dans la circulaire du 16 Juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, « *l'aléa de forte probabilité, est un événement provoquant les premiers dommages conséquents, commençant à un temps de retour de 10 ans et dans la limite d'une période de retour de l'ordre de 30 ans.* »

La cartographie de l'avènement fréquent n'a pas été réalisée. Cet événement est considéré comme non débordant par la DDTM de l'Aude.

Cartographie de l'évènement moyen

Comme indiqué dans la circulaire du 16 Juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, « *l'aléa de probabilité moyenne, est un événement ayant une période de retour comprise entre 100 et 300 ans qui correspond dans la plupart des cas à l'aléa de référence des PPRi s'il existe(...).* »

La méthode pour l'événement moyen est la même que celle décrite pour l'événement extrême.

La cartographie de l'événement moyen a été obtenue à partir des 2 débits retenus dans le PPRi. Soit 2550 m³/s jusqu'au Nord-Est de Villedaigne et 4000 m³/s jusqu'à Moussoulens.

Cartographie de l'évènement extrême

Comme indiqué dans la circulaire du 16 Juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, « *l'aléa de faible probabilité, dénommé événement extrême, est un phénomène d'inondation exceptionnel inondant toute la surface alluviale fonctionnelle(...). A titre indicatif, une période de retour d'au moins 1000 ans*

sera recherchée. »

La cartographie de l'évènement extrême a été obtenue en multipliant par 1.75 les 2 valeurs de débit utilisées pour l'évènement moyen. Soit 4463m³/s pour l'Orbieu et 7000m³/s pour l'Aude.

Le MNT utilisé est un levé lidar IGN au pas de 1m avec un écart moyen quadratique égal à 20cm.

La route départementale RD607, la route nationale RN113 ainsi que la voie ferrée sont en remblais et forment des barrages à l'écoulement naturel des cours d'eau.

Un profil en travers a été positionné le long de ces axes. Le canal de Jonction à Sallèles étant endigué, un profil en travers a été positionné sur la rive droite. Le lit majeur de l'Aude et de l'Orbieu étant identique entre le Nord-Est de Villedaigne et l'exutoire de l'Orbieu, des profils en travers ont été positionnés sur la largeur de la plaine inondable Aude-Orbieu avec un débit unique.

La méthode CARTINO est issue d'un modèle 1D comprenant 52 profils en travers et utilisant un coefficient Strickler de 15 sans distinction entre le lit mineur et le lit majeur. Ces résultats ont été soumis dans un premier temps pour avis à la DDTM de l'Aude puis pour validation à la DREAL Languedoc Roussillon.

Une comparaison a été effectuée sur les emprises hydrogéomorphologiques et la crue de 1999 sur le secteur de Sallèles.

La modélisation en modèle 1D permanent au niveau de la jonction Aude-Orbieu ne reprend pas la complexité des écoulements des deux cours d'eau mais permet d'estimer les emprises de zones inondables.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie est en classes de hauteurs de charge considérées comme des hauteurs d'eau (classes 0-0.5m, 0.5-1m, 1 à 2m et supérieur à 2m). Une vectorisation, un lissage des petites surfaces (100m²) et une simplification de géométrie sont ensuite effectuées pour un rendu au 1/25000ème.

3.1.3 - La Berre

Principales caractéristiques des phénomènes

Le fleuve Berre, 52,8 km de long, est un cours d'eau torrentiel à débordement rapide, avec un temps de réponse court sur le bassin versant entre l'amont et l'aval (4h environ).

En 1999, le bassin versant a subi plus de 36 millions d'euros de dommages. Beaucoup de berges sont enrochées de par la présence du RD 611A qui longe le cours d'eau. De plus, le cours d'eau est aussi canalisé par des merlons et des digues reconstruits après 1999 qui limitent la divagation. La vigne occupe principalement les terrains riverains.

Cinq communes : Sigean, Portel, Durban-Corbières, Villeneuve les Corbières, et Cascastel des Corbières sont exposées à un risque inondation fort dès la crue décennale du fait de leur présence en lit majeur, voir en lit mineur.

Le bassin versant de la Berre est touché par des crues, notamment celles du 28 octobre et du 21 novembre 2011. Selon les données de Vigicrue et Hydrométéo, la crue d'octobre 2011 est d'occurrence décennale à Ripaud et Portel. Cette crue était fortement influencée par les crues successives du Barrou ; lequel a subi des précipitations intenses pendant 36h soit 280 mm/m², aucune zone habitée n'a été inondée.

Le 21 novembre 2011, la crue était influencée par les crues successives du Courtals et du Barrou ; lequel a subi des précipitations intenses pendant 36h soit 180 mm/m².

Ouvrages pris en compte

Dans le cadre de la phase cartographique du TRI de Narbonne, une digue a été retenue pour la Berre, celle de l'Espina (Sigean). Celle-ci, de 360 m de long, est située en parallèle au ruisseau du Ginestas et au

nord ouest de la commune de Sigean.

Etudes et méthodes mobilisées

Logiciel de modélisation

Le logiciel TELEMAC 2D a été exploité pour la modélisation bidimensionnelle.

TELEMAC-2D résout les équations de Saint-Venant à l'aide de la méthode des éléments finis ou des volumes finis sur une grille de calcul à éléments triangulaires. Il permet d'effectuer des simulations en régime transitoire aussi bien qu'en régime permanent.

TELEMAC-2D permet de prendre en compte les phénomènes physiques suivants :

- Propagation des ondes longues avec prise en compte des effets non linéaires,
- Frottement sur le fond,
- Turbulence,
- Écoulements torrentiels et fluviaux,
- Coordonnées cartésiennes ou sphériques pour les grands domaines,
- Zones sèches dans le domaine de calcul : bancs découvrants et plaines inondables,
- Traitement de singularités : seuils, digues, buses.

Construction du modèle en état initial

Le modèle a été construit depuis l'amont du bourg de Portel jusqu'à la mer, soit un linéaire de 11 km environ. Le modèle TELEMAC 2D a été réalisé en plusieurs étapes, présentées dans les paragraphes suivants.

Saisie de polygones

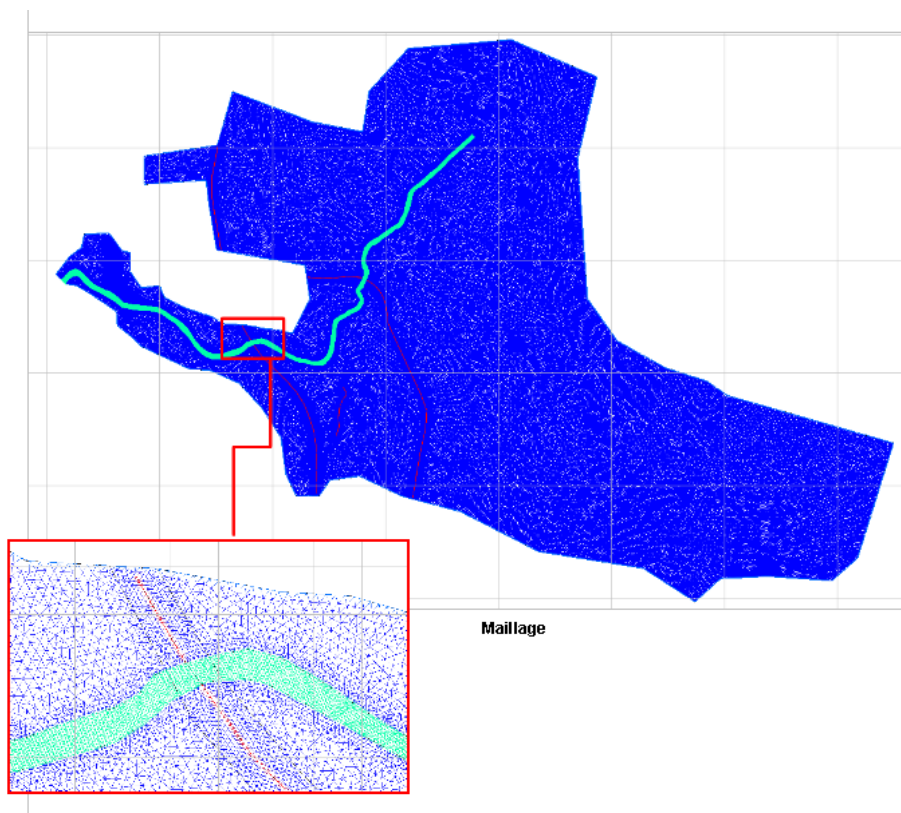


Polygones

Les polygones saisis permettent notamment d'affiner le maillage dans certaines zones :

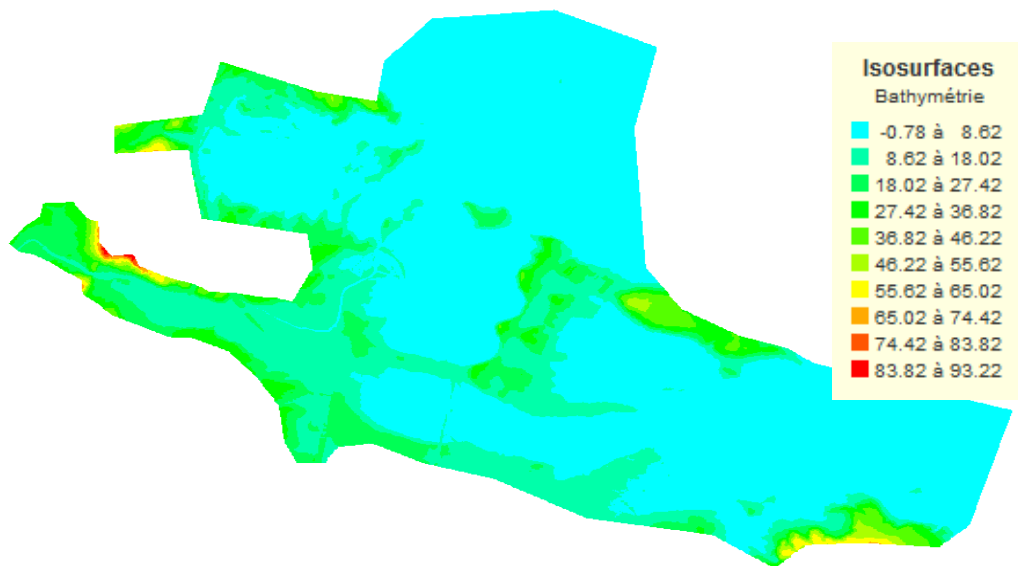
- le lit mineur de la Berre,
- le remblai de l'autoroute A9,
- le remblai de la RD6009,
- le remblai de la digue de l'Espinat,
- le bourg de Portel-des-Corbières.

Création du maillage



A partir des polygones, le modèle génère un maillage 2D.
Le modèle réalisé pour la présente étude, comporte près de 235 000 mailles triangulaires dont les dimensions moyennes sont de 20 m et de l'ordre de 5 m dans les secteurs les plus détaillés.

Modification de la surface 3D avec les données topographiques disponibles



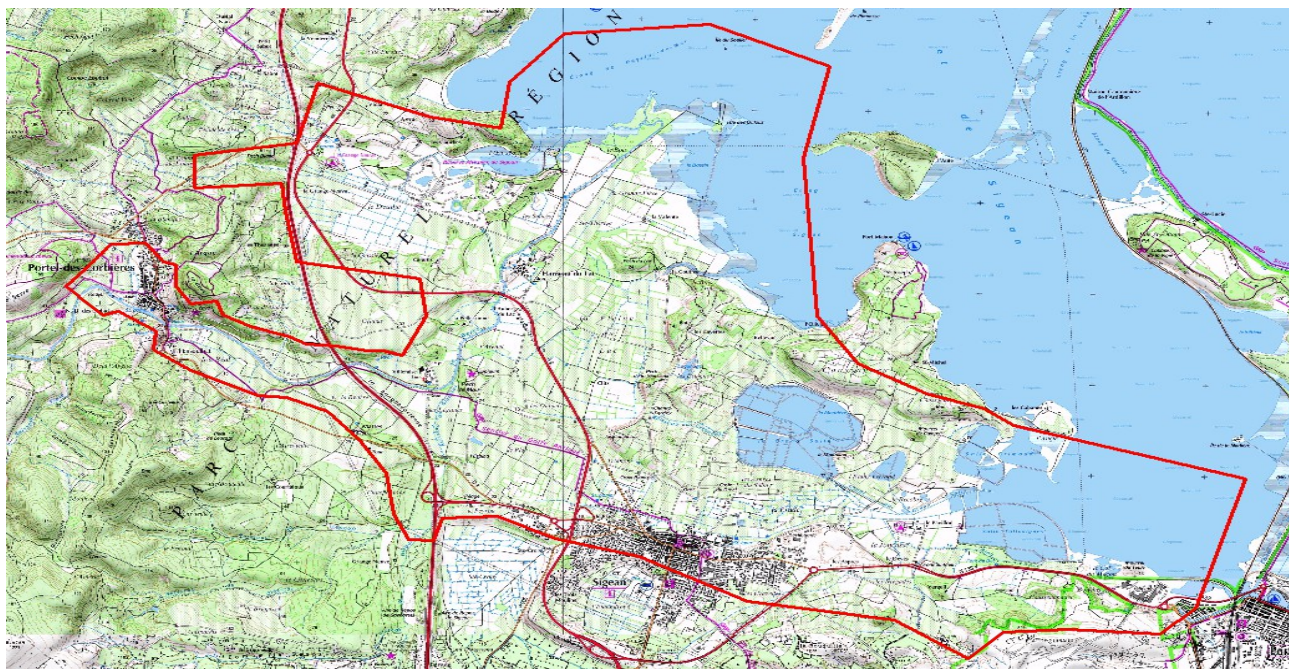
Bathymétrie

Les cotes des mailles de la surface 3D sont ensuite ajustées sur la base des semis de points. A l'aide des données topographiques disponibles (MNT), ISL a créé un semis de points de base couvrant l'ensemble du domaine d'étude ; ce semis défini en X, Y et Z comprend près de 670 000 points.

Conditions limites amont

Les hydrogrammes de la Berre ont été injectés dans le modèle Telemac 2D à l'amont du modèle. L'injection de débit et l'emprise du modèle sont présentées sur la figure ci-dessous.

A
Berre



Emprise du modèle et injections des débits

Pour rappel, les débits de pointe des hydrogrammes injectés pour les différents scenarii hydrologiques sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Berre
20 ans	642 m ³ /s
100 ans – Type 1999	1 006 m ³ /s
1 000 ans	1 730 m ³ /s

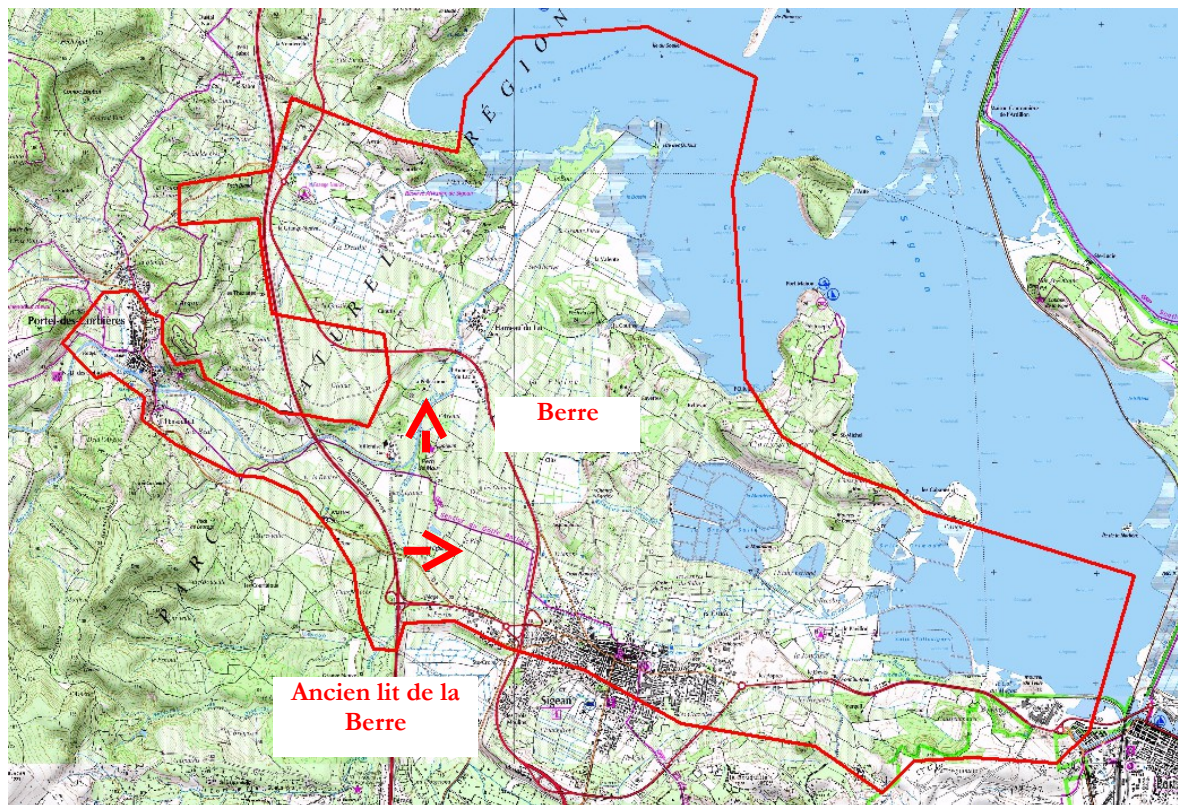
Débits de pointe des scénarii hydrologiques retenus

Conditions limites aval

La modélisation est poursuivie :

- jusqu’aux étangs de Peyriac-de-Mer, à l’aval de la Réserve Africaine de Sigean, pour le lit mineur de la Berre,
- jusqu’aux étangs de Port-la-Nouvelle pour l’ancien lit de la Berre.

Une surcote marine est imposée en condition limite aval.



Conditions limites aval du modèle

Les scénarii de surcote marine retenus sont rappelés ci-dessous.

	Surcote marine
Pour Q ₂₀ = 642 m ³ /s	1,3 m

Pour $Q_{100} = 1\ 006\ \text{m}^3/\text{s}$	2,0 m
Pour $Q_{1\ 000} = 1\ 730\ \text{m}^3/\text{s}$	2,8 m

Scénarii de surcote marine retenus

Un test de sensibilité a été réalisé sur la surcote marine pour un événement de période de retour 20 ans.

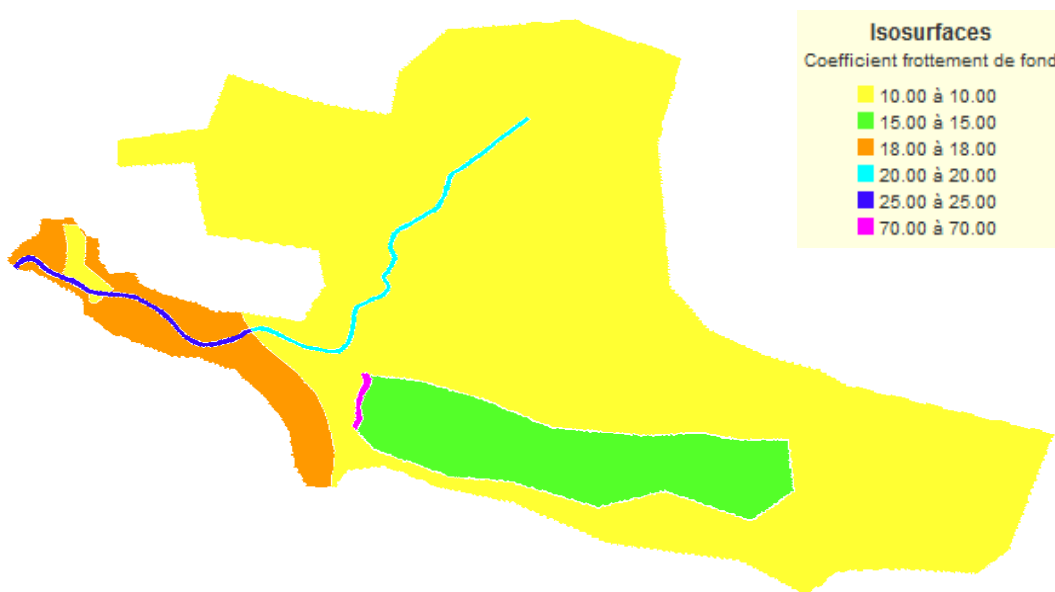
Coefficients de frottement

Un zonage détaillé des coefficients de Strickler a été réalisé sur le domaine d'étude :

- Habitat groupé ou dispersé (centre urbain) : $K = 10$ à 15
- Lit mineur de la Berre : $K =$ de 20 à 25
- Lit majeur de la Berre : $K =$ de 10 à 18
- Digue de l'Espinat : $K = 70$

Ce zonage a été effectué lors du calage du modèle. Ces valeurs sont cohérentes avec les valeurs issues de la littérature.

Le zonage retenu dans le cadre de la présente étude, est illustré par la figure ci-dessous.



Zonage des coefficients de frottement

Ouvrages de franchissement

Tous les principaux ouvrages de franchissement du domaine d'étude ont été modélisés, dont notamment les ouvrages du remblai de l'A9 et de la RD6009.

Etude de Sensibilité des conditions limites aval

Un test de sensibilité a été réalisé sur la surcote marine imposée en condition limite aval du modèle. Les simulations ont été réalisées pour le scénario hydrologique vicennal.

La plage de variation de la surcote marine est la suivante :

Pour Q20 = 642 m ³ /s	Valeur retenue	Valeur testée
Surcote marine	1,3 m	0,9 m

Variation de la surcote marine

Les hauteurs d'eau obtenues pour une surcote marine de 0,9 m ont été comparées aux hauteurs d'eau nominales (pour une surcote marine de 1,3 m), à travers une carte d'impact insérée en page suivante.

L'influence du niveau aval est jugé faible. Les impacts d'une hausse de la cote de submersion marine de 0,9 m à 1,3 m se cantonnent à 2 enjeux uniquement :

- La Réserve Africaine de Sigean, où l'on observe une surélévation du niveau d'eau de l'ordre de 20 cm en moyenne, pour des hauteurs d'eau comprises entre 0,5 m et 1,0 m pour une cote de submersion marine de 0,9 m NGF;
- Le camping Pavillon localisé à l'est de Sigean, qui se retrouve inondé avec des hauteurs d'eau comprises entre 20 et 30 cm environ, ce camping étant hors d'eau pour une cote de submersion marine de 0,9 m.

Cartographie des surfaces inondables

Cartographie des surfaces inondables, tout scénario confondu

Scénarii hydrologiques retenus

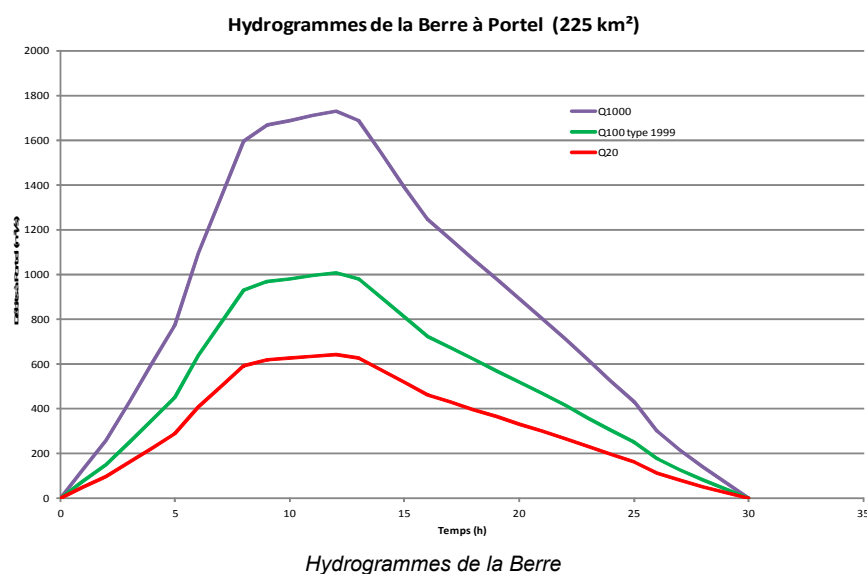
Les 3 scénarii hydrologiques retenus dans le cadre de la présente étude sont présentés ci-dessous, à savoir :

- un événement fréquent (qui inonde les premiers enjeux, et qui correspond au débit de début de surverse sur la digue de l'Espinat),
- un événement centennal type 1999,
- un événement millénal.

	Berre
20 ans	642 m ³ /s
100 ans type 1999	1 006 m ³ /s
1 000 ans	1 730 m ³ /s

Scénarii hydrologiques retenus

Les hydrogrammes correspondants sont présentés sur la figure ci-après.



Scénarii de surcote marine retenus

Les cotes statiques relatives à la submersion marine ont été fournies par la DREAL :

- 1,30 m pour l'évènement fréquent,
- 2,00 m pour l'évènement moyen et 2,40 m pour l'évènement moyen avec changement climatique,
- 2,80 m pour l'évènement extrême.

De ce fait, en concertation avec le maître d'ouvrage, il a été retenu dans le cadre de la présente étude, les scénarii de surcote marine suivants :

	Surcote marine
Pour Q ₂₀ = 642 m ³ /s	1,3 m
Pour Q ₁₀₀ = 1 006 m ³ /s	2,0 m
Pour Q _{1 000} = 1 730 m ³ /s	2,8 m

Scénarii de surcote marine retenus

Un test de sensibilité a été réalisé sur la surcote marine pour un évènement de période de retour 20 ans.

Synthèse des enjeux touchés

Le tableau inséré ci-dessous présente les enjeux touchés pour chaque scénario.

Enjeux	Crue fréquente (Q20)	Crue historique (Q100 type 1999)	Crue extrême (Q1000)
Bourg de Portel-les-Corbières	H<0,5 m V<0,5 m/s	H>2,0 m V<1,0 m/s	H>4,0 m V<2,0 m/s
Domaine de Villefalse	Maison de retraite : H>1,0 m 0,5 m/s<V<1,0 m/s	Maison de retraite : H>2,0 m 1,0 m/s<V<2,0 m/s	Maison de retraite : H>2,0 m 1,0 m/s<V<2,0 m/s
Auberge du Lac	H<2,0 m V<1,0 m/s	H<2,0 m V<1,0 m/s	H>2,0 m V<1,0 m/s
Hameau du Lac	H<0,5 m V<0,2 m/s	H<0,5 m V<0,2 m/s	H>0,5 m V<0,5 m/s

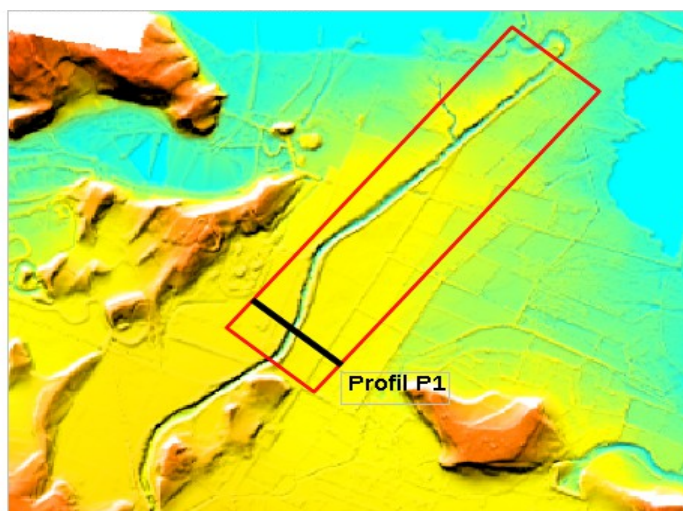
Réserve Africaine de Sigean	Bâtiments d'exploitation : 0,25m<H<0,5 m V<0,2 m/s Plaine Africaine : 0,5m<H<1,0 m V<0,5 m/s	Bâtiments d'exploitation : 0,25m<H<0,5 m V<0,2 m/s Plaine Africaine : 0,5m<H<1,0 m V<0,5 m/s	Bâtiments d'exploitation : 1,0m<H<1,5 m V<0,5 m/s Plaine Africaine : 0,75m<H<1,25 m V<0,5 m/s
Zones basses du bourg de Sigean	0	H<1,5 m V<1,0 m/s	H>2,0 m V<2,0 m/s
Camping Pavillon	H<0,5 m V=0 m/s	H<1,5 m V<0,5 m/s	1,0 m<H<3,0 m 0,5 m/s<V<1,0 m/s

Synthèse des enjeux touchés

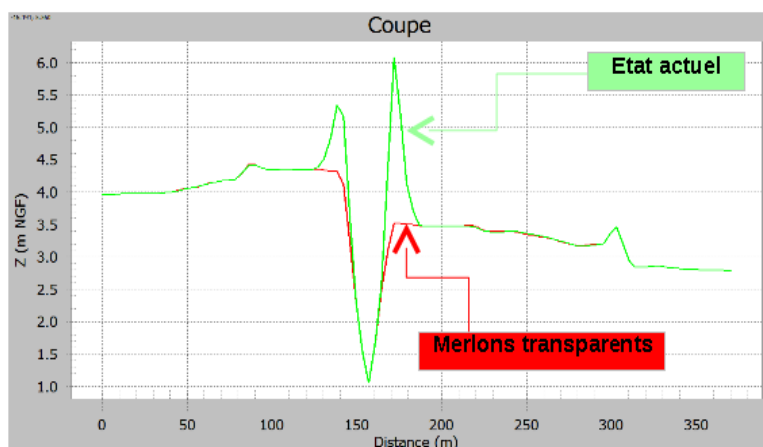
Hypothèse prise en compte pour les ouvrages de protection

Dans le cadre réglementaire de l'évaluation des risques, les ouvrages de protection contre les inondations non conçus dans les règles de l'art sont supposés transparents : c'est le cas des merlons rives gauche et droite de la Berre en aval du hameau du Lac.

Les figures ci-après localisent le linéaire où les merlons ont été rendus transparents. Une coupe type du lit de la Berre est présentée à titre d'exemple.



Linéaire concerné



Merlons rendus transparents (Profil P1)

Dans le cadre de la présente étude, la digue de l'Espinat est considérée comme résistante aux trois scénarii hydrologiques. En effet, les travaux de confortement projetés sur l'ouvrage sont supposés avoir été réalisés

dans les simulations, les travaux étant prévus pour 2014.

Les travaux de confortement projetés sur la digue de l'Espinat respectent les règles de l'art. L'ouvrage a été dimensionné pour pouvoir supporter sans dommage une crue de période de retour 5 000 ans.

Zones soustraites aux inondations

• Hypothèses retenues

Une modélisation hydraulique 2D supplémentaire a été réalisée, en supposant la suppression de la digue de l'Espinat. La zone soustraite aux inondations en aval de la digue de l'Espinat a été déterminée pour les événements fréquent (Q20) et moyen (Q100), comme la différence entre l'état sans digue de l'Espinat et l'état actuel.

• Résultats

La zone soustraite aux inondations pour l'événement fréquent (Q20) appelle les commentaires suivants :

- Les zones basses du bourg de Sigean, situées dans l'ancien lit de la Berre et inondées lors de la crue de Novembre 1999, sont protégées par la digue de l'Espinat ;
- Le débit dérivé vers l'ancien lit de la Berre, sans la digue de l'Espinat, est de l'ordre de 230 m³/s (pour 0 m³/s dans l'état actuel).

La zone soustraite aux inondations pour l'événement moyen (Q100) appelle les commentaires suivants :

- La configuration de la Berre en aval de la digue de l'Espinat (vallée bien marquée) fait que les emprises des zones inondables dans l'état sans digue et l'état actuel sont similaires pour l'événement centennal ;
- Le débit dérivé vers l'ancien lit de la Berre, sans la digue de l'Espinat, est deux fois plus importants que dans l'état actuel : de l'ordre de 440 m³/s, pour 180 à 200 m³/s dans l'état actuel.

Zones de sur-aléa

• Hypothèses retenues

Une modélisation hydraulique 1D a été réalisée dans le cadre de « l'étude de dangers de la digue de l'Espinat », en janvier 2012, par ISL pour le SIAH de la Berre et du Rieu (Rapport RM11-27_C). Les résultats de cette modélisation ont été repris dans le cadre de la présente étude, pour déterminer la zone de sur-aléa en aval de la digue de l'Espinat pour l'événement moyen (Q100). Cette dernière a été définie comme étant la différence entre l'état sans digue et l'état avec rupture de la digue.

Pour l'événement extrême (Q1000), la zone de sur-aléa a été définie comme une longueur égale à 100 fois la hauteur de la digue, dans l'emprise de la zone inondable de l'état actuel.

• Résultats

La zone de sur-aléa pour l'événement moyen (Q100) appelle les commentaires suivants :

- La configuration de la Berre en aval de la digue de l'Espinat (vallée bien marquée) fait que les emprises des zones inondables dans l'état sans digue et l'état avec rupture de la digue sont très similaires pour l'événement centennal ; les quelques différences s'expliquent par la différence de topographie et de modélisation hydraulique 1D/2D utilisées ;
- Le débit dérivé vers l'ancien lit de la Berre, supposant une rupture de la digue de l'Espinat, est du même ordre de grandeur que dans l'état sans digue : de l'ordre de 410 m³/s, pour 440 m³/s environ dans l'état sans digue.

Appui sur données historiques

L'hydrogramme de la Berre pour la crue de Novembre 1999 a été injecté dans le modèle.

Une condition limite aval correspondant à une surcote marine de 0,9 m NGF a été retenue. Les précédents modèles avaient été calés avec cette même surcote marine, qui correspondait à l'époque à une surcote marine décennale. Une surcote de 0,6 m NGF a été retenue pour l'événement de 1999 à l'embouchure de l'Aude. Le fait d'imposer une surcote de 0,6 m ou 0,9 m NGF n'a aucune incidence ni sur le calage ni sur les enjeux.

Le modèle a ensuite été calé en cote, sur les plus hautes eaux (PHE) répertoriées suite à la crue de Novembre 1999, et en volume (répartition des débits entre l'actuel lit et l'ancien lit de la Berre).

● Plus hautes eaux (PHE)

ISL dispose de repères de crue de la Berre pour l'événement 1999 :

- dans le bourg de Portel-des-Corbières,
- dans le lit majeur rive droite de la Berre (Auberge du Lac, Hameau du Lac, ...),
- au droit de la digue de l'Espinat,
- dans le bourg de Sigean,
- dans l'ancien lit majeur de la Berre, en aval du bourg de Sigean.

Ces derniers ont été levés pour la DDTM 11.

● Résultats du calage

Le calage du modèle a été effectué en faisant varier les coefficients de Strickler.

Une analyse des laisses de crues existantes a été réalisée en préalable. 3 laisses de crue ont été écartées.

Le tableau ci-dessous présente les écarts observés entre les cotes d'eau obtenues avec le modèle TELEMAC 2D et les cotes des laisses de crue.

Cotes observées (PHE) m NGF	Cotes calculées m NGF	Δ (m)	PHE non retenues
23.01	22.86	0.15	
23.06	22.88	0.18	
22.68	22.82	-0.14	
21.81	22.23	-0.42	X
20.29	19.65	0.64	X
13.33	13.30	0.03	
9.30	9.01	0.29	
9.85	9.78	0.07	
6.99	6.67	0.32	
5.36	4.69	0.67	X
5.98	5.91	0.07	
5.28	5.31	-0.03	
4.76	4.72	0.04	
3.14	3.19	-0.05	
1.84	2.02	-0.18	
1.96	2.03	-0.07	
1.72	1.84	-0.12	

Résultats du calage du modèle

Les écarts entre les cotes calculées et observées sont inférieurs à 30 cm de manière générale, et à 10 cm au droit des secteurs à enjeux de Sigean.

Au vu des résultats présentés précédemment, le modèle reproduit de manière satisfaisante les cotes fiables observées dans le bourg de Portel-des-Corbières, dans le lit majeur rive droite de la Berre, au droit de la digue de l'Espinat, dans le bourg de Sigean, et dans l'ancien lit majeur de la Berre en aval du bourg de Sigean. Le calage est considéré comme satisfaisant.

Modes de représentation retenus pour la cartographie

Les modes de représentation retenus pour les cartographies sont les classes de hauteurs d'eau et vitesses maximales.

Incertitudes et limites

La précision du modèle dépend de plusieurs facteurs :

- La précision des données topographiques (et notamment des repères de crues),
- La sensibilité au paramètre de calage (coefficients de Strickler),
- La sensibilité aux conditions limites amont (hydrogrammes) et aval (surcotes marines).

La précision altimétrique des données topographiques est de l'ordre de 15 cm.

Les résultats du calage du modèle donnent des écarts moyens d'environ 20 cm. Les conditions aux limites amont sont connues avec précision car issues d'une modélisation globale filaire et à casiers.

La modélisation a été menée avec un logiciel de modélisation bidimensionnelle représentant la zone d'étude avec un maillage fin au regard de la densité des données topographiques (taille de la maille dans les secteurs les plus détaillés de l'ordre de 5 m). La précision de la modélisation peut donc être estimée à 20 cm sur les résultats de cotes et hauteurs d'eau.

Cartographie du scénario fréquent

La crue vicennale est simulée en l'état actuel, supposant une transparence des merlons rives droite et gauche de la Berre en aval du hameau du Lac.

Ces cartes appellent les commentaires suivants :

- Les zones basses du bourg de Portel-les-Corbières sont en limite de zone inondable ; quelques habitations sont touchées avec des hauteurs d'eau majoritairement inférieures à 0,5 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s,
- Au droit du domaine de Villefalse, la majorité des habitations est également en limite de zone inondable ; seule la maison de retraite est inondée avec des hauteurs d'eau significatives (Heau > 1,0 m) par des écoulements animés de vitesses comprises entre 0,5 et 1,0 m/s,
- La majorité des habitations au droit de l'Auberge du Lac est inondée, avec des hauteurs d'eau inférieures à 2,0 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 1,0 m/s,
- Au droit du Hameau du Lac, la majorité des habitations se situe hors de la zone inondable ; quelques habitations sont touchées avec des hauteurs d'eau inférieures à 0,5 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,2 m/s,
- Le débit de la Berre cantonné dans le lit endigué en aval du Hameau du Lac est de l'ordre de 230 m³/s,
- Concernant la Réserve Africaine de Sigean :
 - Les bâtiments d'exploitation, situés à l'entrée de la Réserve Africaine, se situent dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,25 m et 0,50 m, et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,2 m/s,
 - La plaine Africaine se situe dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,50 m et 1,0 m, et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s,
- On n'observe pas de surverse sur la digue de l'Espinat, le bourg de Sigean n'est donc pas touché par les inondations de la Berre,
- Le camping Pavillon, situé en aval du bourg de Sigean, est inondé par la surcote marine, avec des hauteurs d'eau inférieures à 0,5 m,

- Les vitesses d'écoulement dans le lit mineur de la Berre sont majoritairement comprises entre 2,0 et 4,0 m/s,
- Ni le pont de Tamaroque, ni le pont de l'Autoroute A9 ne sont en charge ; la RD6009 est submergée sur un linéaire 1,1 km environ.

Cartographie du scénario moyen

La crue centennale type 1999 est simulée en l'état actuel, supposant une transparence des merlons rives droite et gauche de la Berre en aval du hameau du Lac.

Ces cartes appellent les commentaires suivants :

- Les zones basses du bourg de Portel-les-Corbières sont inondées avec localement des hauteurs d'eau supérieures à 2,0 m ; les écoulements sont animés de vitesses majoritairement inférieures à 1,0 m/s,
- Au droit du domaine de Villefalse, la quasi-totalité des habitations est inondée ; la maison de retraite est inondée avec des fortes hauteurs d'eau (Heau > 2,0 m) par des écoulements animés de vitesses comprises entre 1,0 et 2,0 m/s,
- La majorité des habitations au droit de l'Auberge du Lac est inondée, avec des hauteurs d'eau inférieures à 2,0 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 1,0 m/s,
- Au droit du Hameau du Lac, la majorité des habitations se situe hors de la zone inondable ; quelques habitations sont touchées avec des hauteurs d'eau inférieures à 0,5 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,2 m/s,
- Le débit de la Berre cantonné dans le lit endigué en aval du Hameau du Lac est de l'ordre de 260 m³/s,
- Concernant la Réserve Africaine de Sigean :
 - Les bâtiments d'exploitation, situés à l'entrée de la Réserve Africaine, se situent dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,25 m et 0,50 m, et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,2 m/s,
 - La plaine Africaine se situe dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,50 m et 1,0 m, et des vitesses d'écoulement majoritairement inférieures à 0,5 m/s,
- On observe une surverse généralisée sur la digue de l'Espinat qui inonde les zones basses du bourg de Sigean, avec des hauteurs d'eau inférieures à 1,5 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 1,0 m/s ;
- Le débit dérivé vers l'ancien lit de la Berre est de l'ordre de 180 à 200 m³/s,
- Le camping Pavillon se situe dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau inférieures à 1,5 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s,
- Les vitesses d'écoulement dans le lit mineur de la Berre sont majoritairement comprises entre 2,0 et 5,0 m/s,
- Ni le pont de Tamaroque, ni le pont de l'Autoroute A9 ne sont en charge ; la RD6009 est submergée sur un linéaire total de 1,4 km environ.

Cartographie du scénario extrême

La crue millénaire est simulée en l'état actuel, supposant une transparence des merlons rives droite et gauche de la Berre en aval du hameau du Lac.

Ces cartes appellent les commentaires suivants :

- Les zones basses du bourg de Portel-les-Corbières sont inondées avec localement des hauteurs d'eau supérieures à 4,0 m ; les écoulements sont animés de vitesses majoritairement inférieures à 2,0 m/s,
- Au droit du domaine de Villefalse, toutes les habitations sont inondées ; la maison de retraite est inondée avec des fortes hauteurs d'eau (Heau > 2,0 m) par des écoulements animés de vitesses comprises entre 1,0 et 2,0 m/s,

- Toutes les habitations au droit de l'Auberge du Lac sont inondées, avec des hauteurs d'eau localement supérieures à 2,0 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 1,0 m/s,
- Au droit du Hameau du Lac, la majorité des habitations se situe hors de la zone inondable ; quelques habitations sont touchées avec des hauteurs d'eau supérieures à 0,5 m localement et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s,
- Le débit de la Berre cantonné dans le lit endigué en aval du Hameau du Lac est de l'ordre de 300 m³/s,
- Concernant la Réserve Africaine de Sigean :
 - Les bâtiments d'exploitation, situés à l'entrée de la Réserve Africaine, se situent dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau comprises entre 1,0 m et 1,5 m, et des vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s,
 - La plaine Africaine se situe dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,75 m et 1,25 m, et des vitesses d'écoulement majoritairement inférieures à 0,50 m/s,
- On observe une surverse généralisée sur la digue de l'Espinat qui inonde les zones basses du bourg de Sigean, avec des hauteurs d'eau localement supérieures à 2,0 m et des vitesses d'écoulement inférieures à 2,0 m/s,
- Le débit dérivé vers l'ancien lit de la Berre est de l'ordre de 630 m³/s,
- Le camping Pavillon se situe dans la zone inondable, avec des hauteurs d'eau comprises entre 1,0 et 3,0 m, et des vitesses d'écoulement comprises entre 0,5 m/s et 1,0 m/s,
- Les vitesses d'écoulement dans le lit mineur de la Berre sont majoritairement comprises entre 3,0 et 5,0 m/s,
- Le pont de Tamaroque n'est pas en charge ; l'Autoroute A9 est submergée sur un linéaire d'environ 1,2 km ; la RD6009 est submergée sur un linéaire total de 2,2 km environ

3.2 - Submersion marine

Principales caractéristiques des phénomènes

La façade littorale du Languedoc-Roussillon, fortement urbanisée, d'un linéaire total d'environ 200 kilomètres, concerne 4 départements et 30 communes. Quatre grandes agglomérations sont situées à une dizaine de kilomètres de la mer : Montpellier, Béziers, Narbonne et Perpignan. Cette façade présente une concomitance possible d'une crue et d'une élévation du niveau marin (dépression, vent de mer, etc.). Ce niveau marin élevé gêne d'autant plus l'évacuation des crues vers la mer et accentue ainsi les débordements des cours d'eau.

Ses rivages appartiennent à la catégorie des côtes relativement peu exposées aux tempêtes, dont la fréquence d'occurrence est moyenne (une tempête tous les 3 ans). Cependant l'impact de certaines d'entre-elles suffit à reconsidérer l'ampleur du phénomène, les conséquences étant importantes, tant sur les zones urbanisées que sur les zones naturelles. En effet, ces événements exceptionnels peuvent avoir des actions spectaculaires lorsque les houles sont associées à des niveaux d'eau élevés (pleines mers, vent soufflant depuis le large) attaquant les hauts de plage, voire rompant par endroit les cordons littoraux ou les digues et fragilisant certaines infrastructures humaines (ports, ouvrages de protection, habitations). Les tempêtes les plus marquantes de ces dernières décennies sont les tempêtes ayant sévi dans la région :

- du 6 au 8 novembre 1982 ;
- du 16 au 18 décembre 1997 ;
- les 12 et 13 novembre 1999 ;
- les 3 et 4 décembre 2003 ;

- les 26 et 27 décembre 2008.

Ainsi, deux risques majeurs dus à la mer sur le littoral existent :

- les risques de submersion dus à la montée des eaux par surélévation du plan d'eau lors des tempêtes attaquant la côte, et au voisinage des estuaires, influençant l'écoulement des rivières lorsque celles-ci sont en crue ;
- les actions dynamiques de la houle pouvant détruire les biens et personnes, cette action pouvant se produire de façon différente en agissant :
 - directement sur les structures ;
 - ou indirectement par érosion des littoraux sableux ou des falaises protégeant naturellement celles-ci.

Ces deux types de risques sont étroitement liés. Lors des tempêtes, la surélévation du plan d'eau et l'énergie plus grande des houles accélèrent l'érosion. D'autre part le recul du littoral et la disparition des cordons dunaires rend les aménagements plus vulnérables face à la submersion marine.

L'érosion et la submersion marine concernent une part importante du territoire régional, un des plus vulnérables à une augmentation du niveau marin, notamment les lidos et les zones littorales les plus basses, ou celles dont le cordon dunaire est le plus altéré.

Choix des principales hypothèses – occurrences et niveaux marins atteints – pour la cartographie des scénarios

De nombreuses études, mesures et données historiques sont disponibles en Languedoc Roussillon :

- mesures et analyses de ces mesures (houlographes, marégraphes, relevés post tempêtes),
- Traitement des séries marégraphiques du Golfe du Lion, extraction et étude statistique des événements de référence.
- numérisation des extensions d'inondations par submersion marine pour certaines tempêtes historiques (occurrence < 50 ans),
- bases de données sur ces événements,
- études sur la caractérisation des tempêtes (simulation des états de mer, niveau d'eau atteint à la côte pour des événements 10 et 50 ans),
- Atlas Régional des zones inondables par submersion marine. (AZISM 2008),
- MNT lidar Litto3D sur l'ensemble du littoral LR (version disponible à l'époque des travaux de cartographie).

Les hypothèses prises en compte dans la cartographie des extensions d'inondation dans le cadre de la mise en œuvre de la directive inondation sont issues de ces études existantes. Il n'a donc pas été conduit d'études spécifiques.

Pour l'évènement fréquent

« Événement provoquant les premières inondations et les premiers dommages conséquents, commençant à un temps de retour de 10 ans et dans la limite d'une période de retour de l'ordre de 30 ans »

Il a été choisi pour ce scénario de simuler un événement d'occurrence décennal (10 ans).

Les données de la tempête de décembre 2003 (d'occurrence décennale) ont été utilisées prioritairement, car elles sont nombreuses et disponibles de façon homogène sur une grande partie du linéaire LR.

Pour l'évènement moyen

« Événement historique de $100 < Tr < \sim 300$ ans. Par défaut événement de $Tr = 100$ ans. Un événement historique documenté sera privilégié ».

« L'impact du changement climatique est à étudier sur l'événement moyen à échéance 100 ans. L'hypothèse d'élévation du niveau de la mer à privilégier sera basée sur le scénario pessimiste de l'ONERC (0,6m à échéance 2100). Cette élévation est rajoutée au niveau marin retenu pour l'événement moyen ».

La circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux décline les documents cadres qui mettent en œuvre une nouvelle stratégie de gestion des risques, et initient les actions relatives à la lutte contre les inondations et à l'adaptation des zones littorales au changement climatique.

Le guide existant depuis 2008 en Languedoc Roussillon pour accompagner l'élaboration des PPR « submersion marine » a donc été mis à jour en 2012 afin d'intégrer les différents nouveaux éléments de la circulaire. Les principes de ce guide sont inter-régionaux. Ils permettent de donner des éléments méthodologiques harmonisés sur les régions PACA, Corse et Languedoc-Roussillon. Les valeurs références de niveaux marins centenaux retenues dans le guide pour l'élaboration des PPRL sont les suivantes :

- 2,00 m NGF à la côte pour l'aléa de référence sans CC
- 2,40 m NGF à la côte pour l'aléa avec prise en compte CC

Aussi, ces mêmes valeurs sont utilisées dans le cadre de la Directive inondation (DI) pour l'événement moyen avec et sans Changement Climatique.

Il est à noter que pour l'aléa submersion marine et pour une période de retour comprise entre 100 et 300 ans aucun événement historique n'est suffisamment documenté pour être utilisé.

Pour l'événement rare

Il sera recherché un événement avec une période de retour d'au moins 1 000 ans.

Les éléments, qualitatifs et quantitatifs, permettent d'accréditer une estimation par le calcul. En sommant toutes les composantes du niveau marin, on obtient 2,80 m NGF pour l'aléa extrême submersion marine en Méditerranée. Cette évaluation est réalisée à l'échelle de la Méditerranée comme cela a été fait dans la doctrine PPRL.

Estimation du niveau extrême (application à Sète) :

- *Marée* : pour le niveau millénal, la marée est suivant la méthodologie DI prise égale à la Plus Haute Mer Astronomique (PHMA) soit **0,47 m NGF**.
- *Surcote météorologique* : d'après l'étude CETMEF-CETE Méditerranée (2013), la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70% de la surcote météorologique au marégraphe millénale est de **1,06m**.
- *surélévation locale liée à la houle à la côte* : elle est donnée par l'application de la formule de Stokdon $\eta = a * (H_0L_0)^{1/2}$, avec une hauteur significative de la houle millénale de 9,8 m (ANEMOC au point MEDIT 2809, calculée à partir des données de la loi GPD) et une période de la houle de 14 s. On obtient ainsi une surélévation due à la houle de $\eta = 1,21m$.

Au final pour la situation extrême à Sète le niveau marin extrême résultant de la somme de ces 3 composantes est de 2,74 m NGF, arrondi à **2,80m NGF**

Cette estimation est attestée par les **éléments d'analyse issus de la paléo-tempétoologie**, notamment des travaux de thèse conduit par P. Sabatier dans le Golfe d'Aigues Mortes qui ont permis d'identifier une tempête de période de retour supérieure à 1 000 ans en 1742, ayant provoqué une élévation du niveau marin à la côte de 2,80 m NGF au moins.

En l'absence d'enregistrements historiques quantitatifs, la paléotempétoologie (Liu and Fearn, 1993) est une méthode scientifique qui permet de reconstituer les tempêtes et les cyclones du passé à partir d'archives sédimentaires. Cette méthode utilise des traceurs géologiques comme la granulométrie, la géochimie ou les

bio-indicateurs et se concentre sur l'étude des « cônes de tempête » qui se forment à la suite d'un cyclone ou d'une tempête extrême en arrière d'un cordon littoral sableux.

Les extensions horizontales de ces niveaux sableux sont soumises à différents facteurs comme l'intensité et la durée de la tempête, la hauteur des vagues, la direction du vent par rapport au lido, l'épaisseur du lido et la quantité de sable disponible, la configuration de la côte avec la présence ou non de passe, la morphologie de la lagune ainsi que la succession de plusieurs événements extrêmes.

Cette méthode a été utilisée par Pierre Sabatier pour l'étude d'un cône de tempête sur le lido de Villeneuve-Maguelone et l'étang de Pierre-Blanche ; elle a ainsi donné lieu à la rédaction d'une thèse : Reconstitution des événements climatiques extrêmes (crues et tempêtes) au cours de l'Holocène dans le Golfe d'Aigues-Mortes (Sud de la France), Pierre Sabatier, 2009.

A partir du croisement entre les archives sédimentaires, datations au Plomb, Cesium et Carbone, et les archives textuelles historiques, Sabatier *et al.* ont mis en évidence sur les 2000 dernières années quatre événements de tempêtes majeures qui ont pu être datés à environ 800, 1742, 1839 et 1893 dans le Golfe d'Aigues-Mortes. L'évènement de tempête de 1982 qui est l'évènement de référence enregistré lors du dernier demi-siècle, de période de retour estimée entre 30 et 50 ans et de catégorie 2 sur l'échelle de Saffir-Simpson pour les cyclones, n'apparaît pas dans l'analyse des archives sédimentaires prélevées. Il apparaît donc que ces événements anciens étaient beaucoup plus puissants que la tempête de 1982.

Echelle de Saffir-Simpson			
Classe	Pression	Marée de tempête	Vents
1	>ou = à 980 hPa	1 - 1,7 m	118 à 153 km/h
2	979 à 965 hPa	1,8 - 2,6 m	154 à 177 km/h
3	964 à 945 hPa	2,7 - 3,8 m	187 à 209 km/h
4	944 à 920 hPa	3,9 - 5,6 m	210 à 249 km/h
5	- de 919 hPa	5,7 - 19m	> à 249 km/h

Encart : L'échelle de Saffir-Simpson est l'échelle de classification de l'intensité des cyclones tropicaux, nommés « ouragans », se formant dans l'hémisphère ouest, qui inclut les bassins cycloniques de l'océan Atlantique et l'océan Pacifique nord à l'est de la ligne de changement de date. Elle est graduée en cinq niveaux d'intensité, correspondant à des intervalles de vitesses de vents normalisés. Pour classer un cyclone sur cette échelle, la vitesse des vents soutenus est enregistrée pendant une minute à une hauteur de 10 mètres, la moyenne ainsi obtenue est comparée aux intervalles normalisés.

Pierre Sabatier et Laurent Dezileau estiment (in Archives Sédimentaires dans les lagunes du Golfe d'Aigues-Mortes : estimation de l'aléa de tempête depuis 2000 ans, Quaternaire, 2010) que les quatre événements extrêmes de tempêtes de 800, 1742, 1839 et 1893 sont au moins de catégorie 3 sur l'échelle de Saffir-Simpson avec des vents pouvant dépasser les 200 km/h.

On note pour les tempêtes de catégorie 3 sur l'échelle de Saffir-Simpson que l'onde de tempête est comprise entre 2,70m et 3,70m (l'onde de tempête est le rehaussement du niveau de la mer sur la côte causé par les vents de la dépression qui pousse l'eau sur la surface de la mer).

Sabatier et Dezileau évaluent la probabilité d'avoir un tel événement extrême par an à 0,06 % (événement de période de retour 1 500 ans) sur les 2000 dernières années, ramené à une probabilité de 0,86 % par an pour le seul Petit Âge Glaciaire (événement de période de retour 120 ans).

Enfin, ce niveau extrême de 2,80 m NGF est conforté par l'approche hydro-géomorphologique adoptée dans le cadre de l'élaboration de l'Atlas des Zones Inondables par Submersion Marine en Languedoc-Roussillon, qui comprend intégralement les terrains d'altimétrie inférieure à 2,80 m NGF, et qui ont donc été à l'échelle

géologique soumis à l'influence marine.

L'ouvrage « Cartographie des zones inondables. Approche hydro-géomorphologique. 1996 - Éditions Villes et Territoires - METT - MATE » présente les principes de la cartographie hydrogéomorphologique. Cette méthode est une première phase d'analyse des milieux naturels et anthropisés des vallées. Elle se base sur une approche naturaliste qui permet de mettre en évidence les différents lits des cours d'eau, Elle permet de déduire les zones inondables par les crues rares à exceptionnelles. Cette méthode s'appuie sur la photo-interprétation et sur une étude de terrain qui permettent de mettre en évidence les différentes unités géomorphologiques. On distingue alors celles qui appartiennent à la partie active du cours d'eau (zone inondable) et celles qui sont hors de la zone active et donc hors zone inondable (les terrasses, le substratum...) formant l'encaissant. Ces unités sont séparées par des discontinuités matérialisées par des talus plus ou moins bien marqués qui permettent de les délimiter dans l'espace.

Cette méthode a été déclinée pour la submersion marine par le CETE Méditerranée pour la DREAL LR en 2008 à l'ensemble du littoral du Golfe du Lion. Le CETE a développé une méthode basée sur la géomorphologie du littoral, dans l'objectif d'identifier les formes et formations caractéristiques du milieu littoral. La définition de ces entités a ensuite permis de raccorder un type d'aléa « submersion marine » de manière qualitative à chacune entité. Les zones identifiées sont les suivantes :

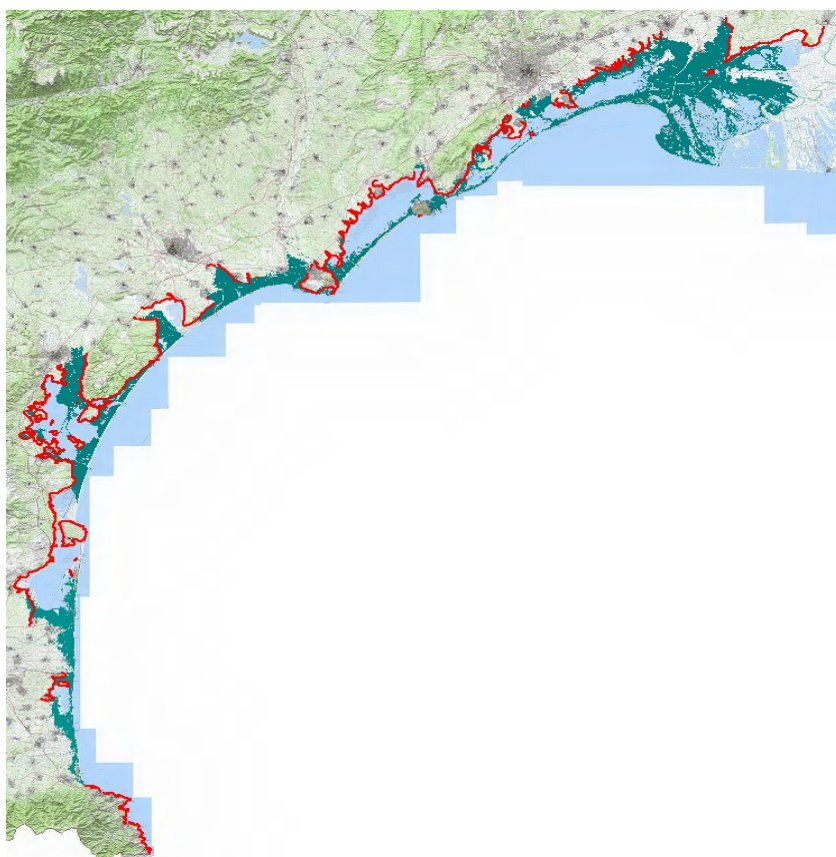
- la zone marine : il s'agit des secteurs recouverts en permanence par la mer ;
- la plage vive, constituée de l'estran et du haut de plage. L'estran est la partie du littoral située entre les niveaux des plus hautes et des plus basses eaux, alors que le haut de plage est l'espace en pente douce qui relie l'estran aux premières dunes du cordon littoral ;
- le cordon littoral : c'est la zone d'accumulation sableuse littorale d'aspect linéaire dont les points les plus haut, toujours émergés, sont occupés par des formations dunaires ;
- la plaine littorale peut se présenter sous deux aspects, lagunaire ou marécageux. Elle constitue la zone tampon de comblement sédimentaire située entre les espaces mouvants comme la plage vive ou le cordon littoral, et les milieux continentaux, comme la plaine alluviale ou les reliefs. Elle a notamment pour caractéristique de contenir des eaux salées ;
- La plaine alluviale : il s'agit du lit majeur du cours d'eau (sa zone inondable). C'est une surface à faible dénivelé constituée par des alluvions déposées lors des crues du cours d'eau.
- l'encaissant : il comprend les terrasses alluviales, les dépôts de colluvions et les versants encadrant directement la plaine alluviale. Les versants sont plus ou moins raides et taillés dans le substratum dans lequel la vallée s'imprime. Les colluvions sont des dépôts de pentes constitués d'éléments fins et de petits éboulis situés en pied de versant qui, parfois, viennent recouvrir les terrasses ou le talus du lit majeur. L'encaissant est une zone non-inondable.

A chaque zone est associé un degré d'exposition à la submersion marine :

Élément géomorphologique	Aléa				
	Très fort	Fort	Moyen	Faible	Nul
Plage vive	X				
Dune		X			
Cordon dunaire (1 ^{er} plan)		X			
Cordon dunaire (2 nd plan)			X		
Plaine littorale			X		
Cordon littoral (autres plans)				X	
Plaine alluviale				X	
Encaissant					X

Cette méthode, si elle ne permet pas de déterminer une occurrence ou une intensité (hauteur d'eau atteinte), permet en revanche d'avoir en première approche une "limite haute" historique de l'emprise de la submersion marine en regroupant l'ensemble des entités à l'exception de l'encaissant.

La carte ci-dessous figure en bleu les zones littorales d'altimétrie inférieure à 2,80 m NGF et en rouge la limite des encaissants.



Les zones littorales d'altimétrie inférieure à 2,80 m NGF sont intégralement comprises dans les limites des encaissants définies dans l'AZISM. Ces terrains ont donc été soumis à l'échelle géologique à l'influence marine.

Études et méthodes mobilisées pour les scénarios moyen (avec et sans CC) et extrême

Méthode de la superposition d'un niveau marin de référence à la topographie

En Méditerranée la durée d'un événement tempétueux et de la submersion résultante peut s'avérer importante (plusieurs jours), car le niveau marin atteint à la côte ne dépend que faiblement du marnage.

Le retour d'expérience des études menées localement montre que, dans ce contexte, l'approche simplifiée consistant à projeter le niveau marin de référence sur la topographie naturelle conduit à estimer de manière satisfaisante le niveau de submersion et cela sans recourir à des méthodes hydrauliques numériques fortement dépendantes de la validation d'hypothèses initiales.

A ce jour, cette méthode est préférentiellement adoptée pour qualifier l'aléa des PPRL dans le Golfe du Lion, aussi et compte tenu de plus de l'échelle de représentation au 1/25 000, il a été procédé de même pour la réalisation de la cartographie demandée pour la DI.

L'évaluation des hauteurs d'eau s'appuie sur le calcul en tout point de la différence entre la côte du Niveau marin de référence projeté et celle du terrain naturel, issue de la topographie Litto3D. Les outils SIG Map Info ont permis l'identification des différents secteurs.

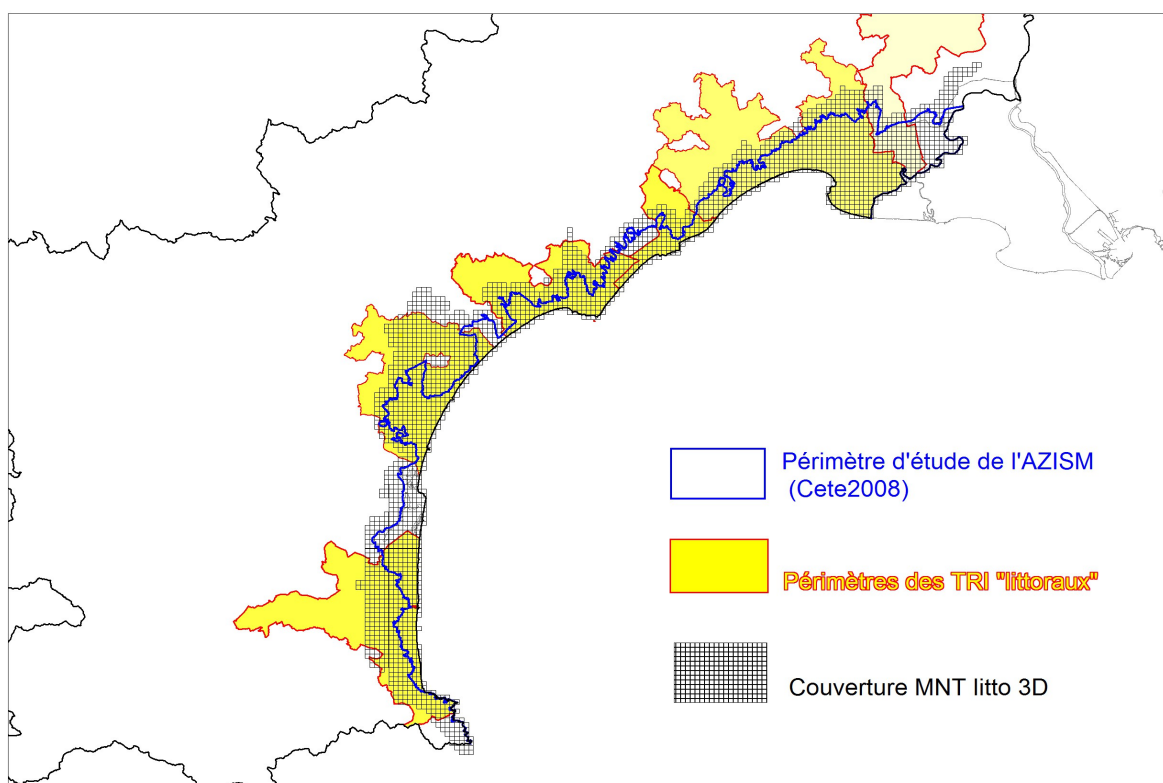
Topographie disponibles sur l'ensemble du littoral du Languedoc Roussillon.

Les cartes des extensions d'inondation pour la DI ont été réalisées avec les données topographiques IGN, MNT lidar, Litto 3D RGE® ALTI Version 1 de Février 2012 et données opération ALDES de juillet 2011.

Au moment de la réalisation des cartes, ces données IGN étaient en cours de finalisation mais utilisables dans le cadre du résultat attendu pour la DI.

Le modèle numérique de terrain (MNT) du produit RGE® ALTI se présente sous la forme d'une grille régulière, au pas de un mètre.

Plus de 2 800 grilles couvrent le secteur littoral terrestre du Languedoc Roussillon dans l'opération Litto3D.



Périmètre d'étude

Pour ne pas alourdir inutilement les différents traitements informatiques consistant à passer des fichiers « raster » de 1km² aux polygones « vecteur » représentant les extensions d'inondation par submersion marine pour chaque TRI, le périmètre d'étude s'est limité au périmètre d'étude adopté pour l'Atlas des zones inondables par submersion marine (AZISM) réalisé en 2008 (trait bleu de la carte ci-dessus).

Ce périmètre correspond globalement à une courbe de niveau 5 m identifiée le long du littoral. L'ensemble des terrains potentiellement soumis aux inondations dues à la mer seront avec certitude inclus dans cette enveloppe, y compris les inondations dues aux remontées du niveau des étangs, les inondations aux estuaires et cours d'eau dues à la surcote marine aval, les éventuelles remontées de nappes en cas de tempêtes marines.

Au final moins de la moitié des 2 800 fichiers initiaux seront utilisés en se limitant à ce périmètre.

Prise en compte des ouvrages de protection

Il n'a pas été identifié sur le littoral Languedoc Roussillon d'ouvrage de protection à la submersion marine au sens du décret digues du 11/12/2007.

Toutefois, on peut noter que la méthode de projection horizontale induit, pour les événements de probabilité moyenne et événements de faible probabilité, une hypothèse de défaillance forte des obstacles de front de mer que sont les cordons dunaires, ou autres obstacles longitudinaux, remblais....(possibilités de brèches ou même ruine généralisée).

Un scénario intégrant la résistance de ces obstacles ne peut en effet être retenu que si tous les éléments présentent toutes les garanties de sécurité (conception, réalisation, gestion, surveillance et entretien,

continuité), cet état étant confirmé par le service de contrôle, de sorte que la rupture n'ait qu'une probabilité très faible de se produire, bien inférieure aux probabilités correspondantes à la fourchette de période de retour de 100 à 300 ans affectée au scénario. Ce cas de figure ne peut être étudié dans l'état des connaissances actuelles et à l'échelle de la région.

Modes de représentation retenus pour la cartographie

Pour les différents scénarios, les hauteurs d'inondation ont été cartographiées au travers de 3 classes.

L'évaluation de ces hauteurs d'eau s'appuie sur le calcul en tout point de la différence entre la côte du Niveau marin de référence projeté et celle du terrain naturel, issue de la topographie Litto3D.

Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario Moyen

- Hauteur comprise entre 0 et 50 cm ;
- Hauteur d'eau comprise entre 50 cm et 1 m ;
- Hauteur d'eau comprise entre 1 et 2 m ;

Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario Moyen avec prise en compte du Changement Climatique

- Hauteur comprise entre 0 et 50 cm ;
- Hauteur d'eau comprise entre 50 cm et 1 m ;
- Hauteur d'eau comprise entre 1 et 2,40 m ;

Remarque 1 : *Il n'a pas été jugé nécessaire de construire une 4^e classe (supplémentaire) de hauteur d'eau de 2 à 2,40 m. Celle-ci correspondrait en fait aux terrains dont l'altitude se situe entre 0 et 0,4 m ce qui reviendrait à représenter de minces polygones le long du trait de cote et en pourtour des étangs. A l'échelle du 1/25 000 cette information n'a pas été jugée pertinente.*

Remarque 2 : *Il semble que pour la borne supérieure (hauteur max du fichier ISO HT) la valeur « 2 » soit imposée dans le standard de donnée Covadis.*

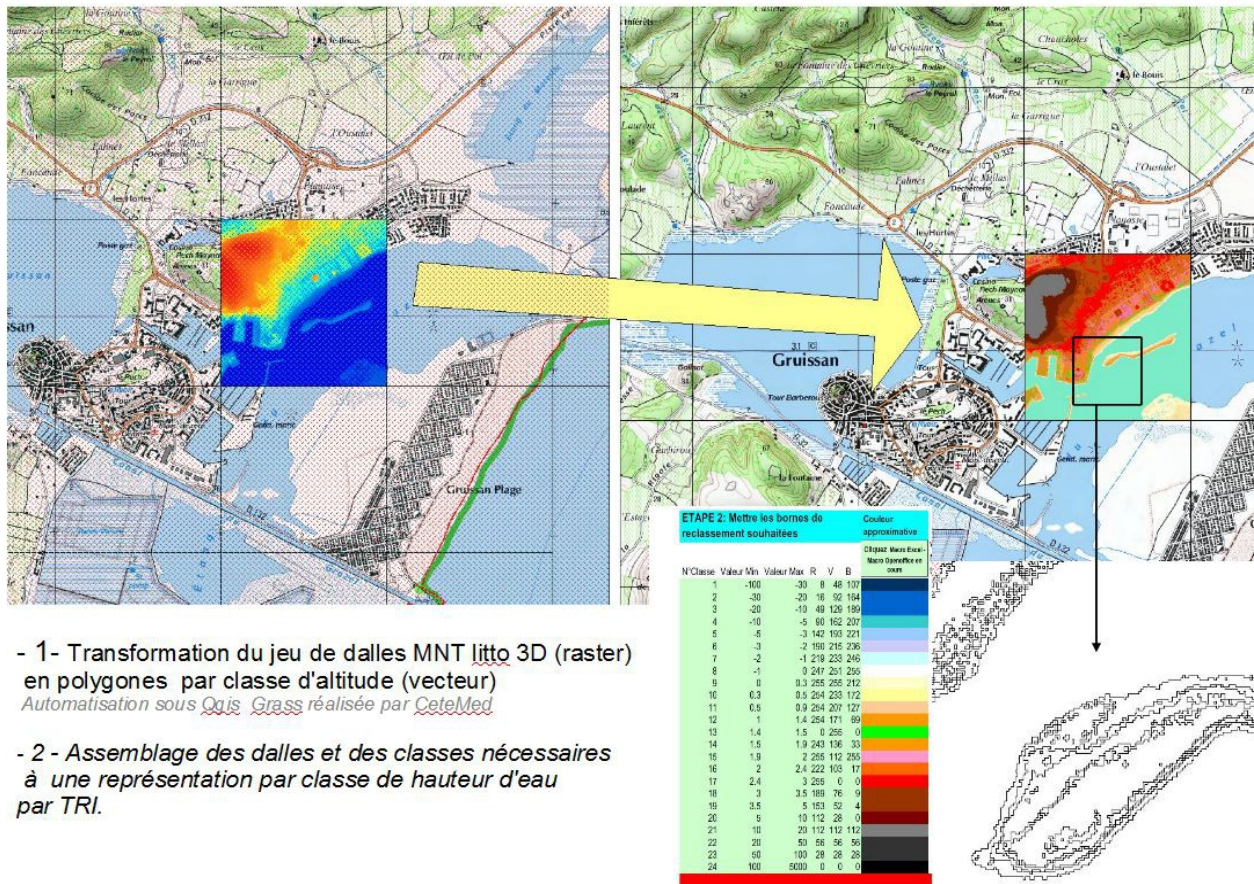
Aussi c'est la valeur 2 et non 2,40 qui sera saisi dans les fichiers informatiques. Cela revient à faire une approximation sans conséquence. Les terrains identifiés sont bien issus du croisement du niveau marin 2,40 avec la topographie. Le contour de l'extension d'inondation résultante est bien différent de celui du scénario ne prenant pas en compte le changement climatique. Les terrains sont identifiés comme inondables avec une hauteur d'eau importante > 1m.

Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario extrême

- Hauteur comprise entre 0 et 1m ;
- Hauteur d'eau comprise entre 1m et 2m ;
- Hauteur d'eau comprise entre 2 et 2,80 m ;

Remarque : *Compte tenu des incertitudes pour ce scénario les classes sont moins fines (1 m à la place de 0,50 cm).*

Les outils SIG Map Info ont permis l'identification des différents secteurs soumis à telle ou telle classe de hauteur d'eau.



- 1- Transformation du jeu de dalles MNT *littco 3D* (raster) en polygones par classe d'altitude (vecteur)
Automatisation sous Qgis Grass réalisée par CeteMed
- 2 - Assemblage des dalles et des classes nécessaires à une représentation par classe de hauteur d'eau par TRI.

Incertitudes et limites de la cartographie obtenue

La méthode de la superposition du niveau marin à la topographie est dépendante de la précision du MNT et des hypothèses et calculs des niveaux marins de référence.

La précision altimétrique du MNT utilisé est de 30 cm en EMQ (erreur moyenne quadratique) – le lidar donne même une précision altimétrique de 15 cm en EMQ en terrain dégagé.

En ce qui concerne les niveaux marins de référence utilisés, tout dépend des choix opérés pour leur calcul (paramètres, intervalles de confiance, choix de la borne haute ou basse...).

Pour une représentation au 1/25 000 sur une étendue totale d'environ 1 000 km² variant de 80 km² à 455 km² selon les TRI, cette méthode simple est la plus adaptée.

Pour améliorer le résultat il faudrait passer à des études plus fines territoire par territoire, prendre en compte leur fonctionnement hydraulique, la dynamique de la submersion, avoir recours à des méthodes hydrauliques numériques plus complexes, et coûteuses à mettre en œuvre sur une telle étendue et, elles aussi, dépendantes des hypothèses donc soumises à de longues validations.

La cartographie produite est a priori majorante dans les secteurs les plus éloignés du rivage de la mer et des étangs. Les superficies d'inondation cartographiées par cette méthode de superposition du niveau marin sur la topographie est dépendante du périmètre d'étude adopté au départ. Par sécurité celui-ci est une enveloppe plutôt maximale afin de ne pas écarter de l'analyse des terrains potentiellement inondables.

Il faut enfin rappeler que les secteurs identifiés dans la classe de hauteur d'eau de 0 à 0,5 m ou de 0 à 1 m peuvent aussi ne pas être inondés (valeur de hauteur d'eau 0).

La représentation issue de la projection du niveau marin de référence à la topographie, ne rend pas complètement compte des hauteurs d'eau réelles dans les secteurs en front de mer soumis à un niveau marin dynamique plus élevé (3 à 4 m) et au choc mécanique des vagues.

En effet, il est courant que les plages et haut de plage se trouvent à des altitudes supérieures au niveau marin projeté (2 m, 2,40 m, 2,80 m selon le scénario). Cette frange en front de mer se trouve donc identifiée comme non inondée alors qu'elle est exposée lors des tempêtes.

A l'échelle de représentation au 1/25 000 cette absence d'information de hauteur d'eau sur le haut de plage ne concerne qu'une frange (la plage) longeant le rivage, d'une épaisseur variant de 1 à 4 mm.

Faisant partie la plupart du temps du domaine public maritime, ce secteur ne comprend pas d'enjeux bâtis.

Le standard de données Covadis de la Directive inondation, n'a pas permis de solution facile pour représenter l'aléa sur ce secteur particulier.

Pour rendre compte toutefois de l'exposition aux tempêtes du front de mer, les cartes présentées à la concertation seront complétées par un polygone délimitant la zone d'action mécanique des vagues.

C'est dans ce secteur que se produiront les brèches et franchissements qui induisent les inondations par la mer.

La méthode a été améliorée pour le scénario fréquent décrit dans le chapitre suivant.

Les données disponibles pour ce scénario ont permis de réaliser une projection sur 2 casiers, un pour le front de mer, un autre pour les terrains à l'arrière du haut de plage, avec des niveaux marins adaptés à chaque secteur.

La qualification de l'aléa fréquent se trouve amélioré avec la prise en compte d'un niveau marin dynamique incluant l'action des vagues et du jet de rive.

L'utilisation d'un MNT au pas de 1 m a considérablement alourdi les temps de traitement, la géométrie des contours des surfaces inondables obtenues, et le poids des fichiers.

Cette première version MNT lidar de l'IGN comportait parfois des erreurs à la rencontre des surfaces en eau. D'autre part, les surfaces en eau intermittentes, lorsqu'elles sont à sec sont parfois enregistrées par le Lidar.

Sur les secteurs les moins accidentés, ou en zone humides ou régime intermittent, la représentation obtenue est très morcelée avec l'apparition de petits polygones. Les erreurs ont été corrigées sur les grandes masses d'eau (étangs embouchures, ports) pour une visualisation au 1/25 000. Des oublis ou des corrections inappropriées de l'opérateur ou se manifestant lors de « bugs » informatique restent possibles et potentiellement visibles si on examine les cartes à une échelle plus précise que le 1/25 000.

Études et méthodes mobilisées pour le scénario fréquent

Études et données utilisées

Un événement d'occurrence 10 ans est simulé pour ce scénario.

Les données analysées et les relevés post tempête correspondant à la tempête du 1 au 5 décembre 2003 ont été prioritairement utilisées. À défaut, et notamment pour certains secteurs des littoraux des Pyrénées Orientales et de l'Aude, les relevés des tempêtes 1999 (occurrence 30 ans) et 1997 (occurrence entre 30 et 50 ans) ont été pris en compte.

Bien que riche, l'ensemble des données historiques à lui seul ne permettait pas de réaliser une cartographie homogène des extensions d'inondation qualifiées en hauteurs d'eau sur la région.

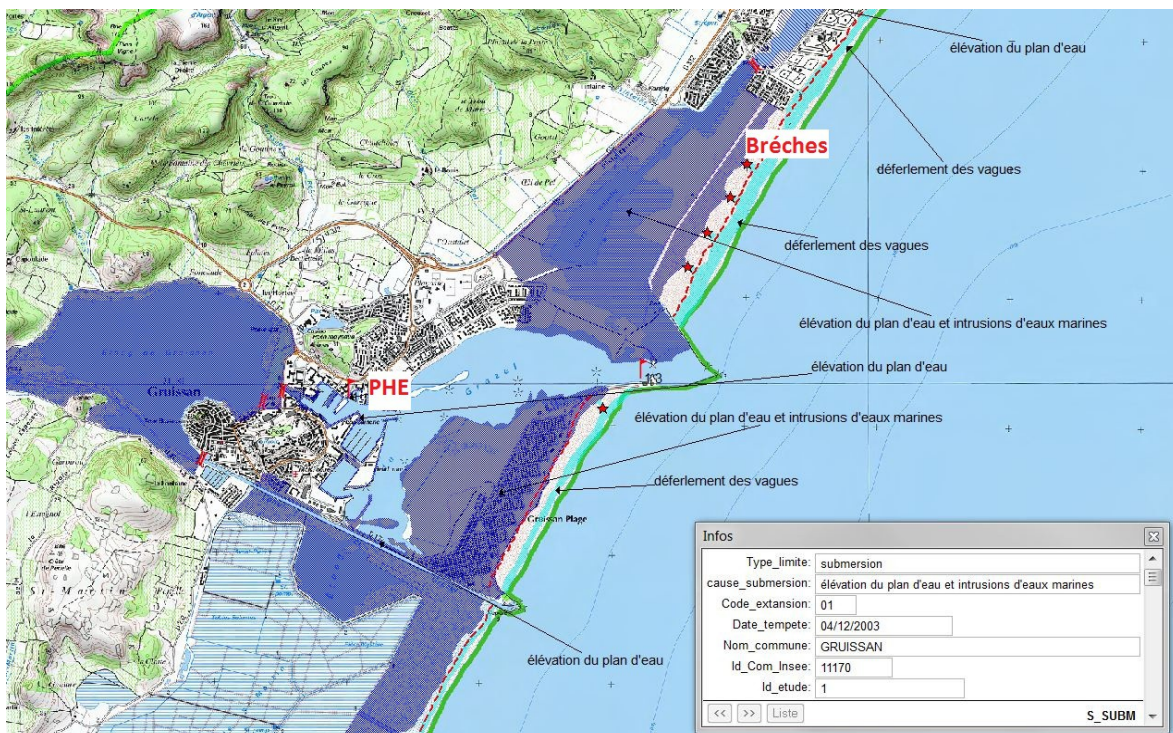
Cinq types de données et études couvrant la région ont été mobilisés pour réaliser cette cartographie :

- La numérisation (1/25 000) des extensions d'inondations par submersion marine des tempêtes historiques.

Numérisation et base de données réalisés en 2004 à partir des photos post tempête, des témoignages, des relevés des laisses de mer, relevé de PHE, relevé des brèches et graus temporaires, pour les tempêtes 2003, 1997, 1999.

Même si elle présente de nombreuses lacunes, et si la morphologie et l'urbanisation ont évolué depuis, l'utilisation de cette donnée présente l'avantage d'être conforme à la réalité vécue par les communes et de prendre en compte les écoulements et communication entre les terrains et la mer.

Dans cette étude, la distinction entre inondation fluviale, remontée de nappe, élévation du niveau des étangs et submersion marine n'est pas toujours fiable, toutefois on considère que dans les secteurs proches du rivage, les remontées de nappes, les inondations dues aux remontées du niveau des étangs, les inondations aux estuaires à cause de la surcote marine aval, sont des phénomènes liés à la tempête marine.



- La limite du secteur soumis au choc mécanique des vagues (appelée également zone de déferlement

dans les PPRL)

L'étude détaillée est élaborée dans le cadre des PPRL, commune par commune. Elle consiste à identifier le secteur soumis au choc mécanique des vagues. Cette limite englobe donc, en front de mer, les obstacles de haut de plage et les secteurs où il y a risque de franchissement.

Elle intègre parfois, une bande de sécurité à l'arrière de ceux-ci pour prendre en compte les projections et franchissements par paquet de mer.

- L'étude et SIG « Évaluation de la submersion marine lors des tempête en Languedoc Roussillon » réalisée dans le cadre du CPER 2007-2013 par le BRGM

Ce projet utilise une démarche mixte numérique et analytique afin de caractériser les phénomènes de submersion marine sur tout le littoral du Languedoc-Roussillon pour des conditions de tempêtes marines de référence : conditions de vagues ayant une période de retour de 1, 10 et 50 ans.

Les facteurs météo-marins générant l'élévation temporaire du niveau de la mer sont simulés sur tout le littoral régional le long de profils espacés de 50 m. Les calculs permettent d'obtenir les valeurs du wave set-up et du run-up pour un événement décennal sur chaque portion du littoral LR en prenant en compte finement la bathymétrie de l'avant cote et la morphologie de la plage.

La validation des résultats se fait à l'aide de la BDD historiques sur les tempêtes.

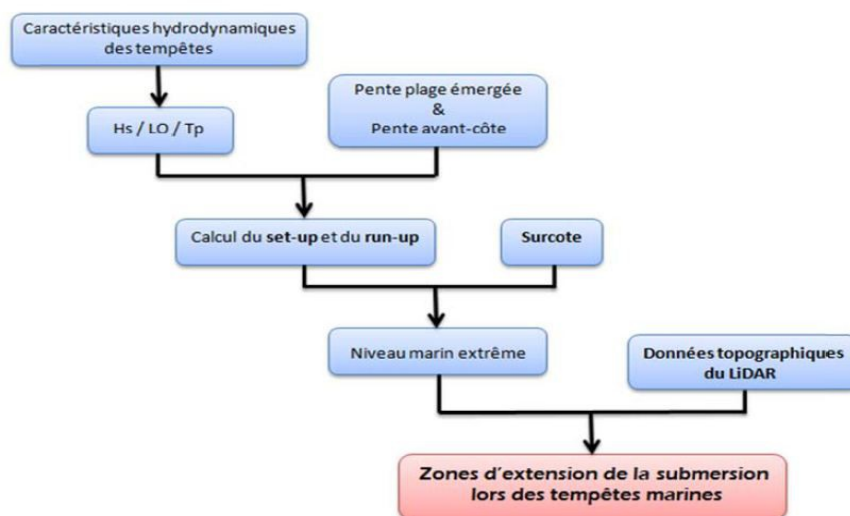


Illustration 5 – Méthodologie établie pour estimer la submersion lors des tempêtes marines.

La dernière étape de cette étude n'a pu se faire que sur une frange littorale fine ne couvrant pas les besoins pour la cartographie de la DI.

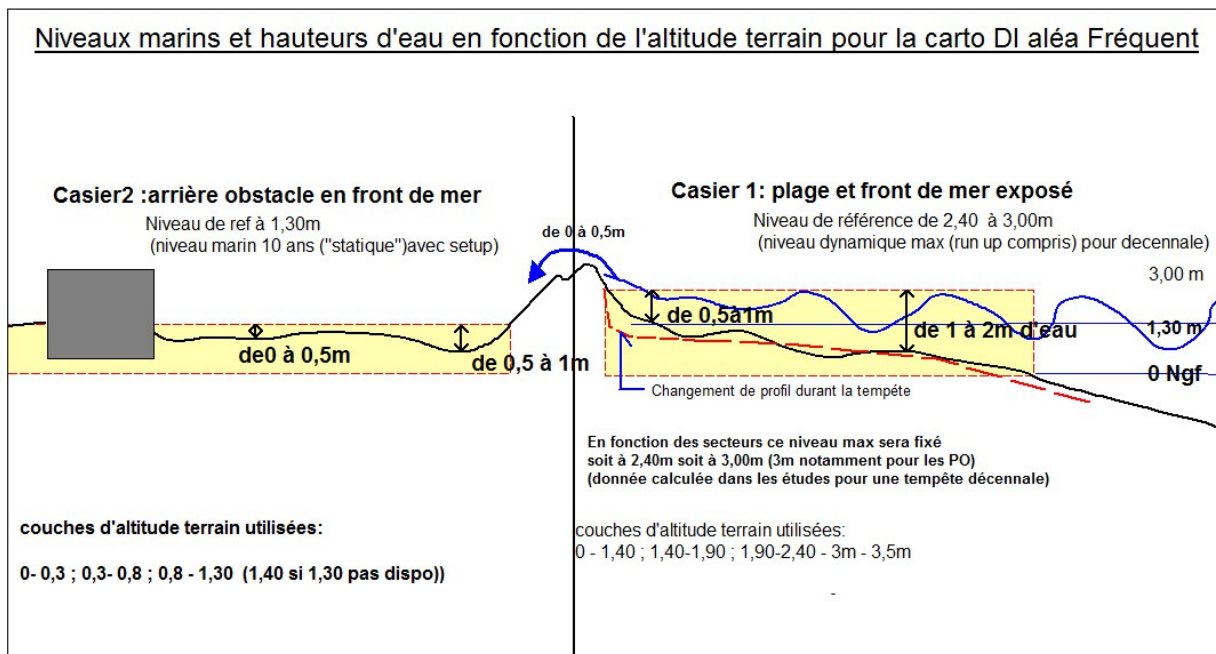
- La topographie fine : couches des classes d'altitudes terrain Map Info « vecteur » issus de la transformation du MNT Lidar IGN LITTTO3 D raster en vecteur
- La délimitation de la plaine littorale de l'atlas des zones inondables par submersion marine

Méthode scénario fréquent

Comme pour les autres scénarios de plus faible occurrence, la méthode est celle de la confrontation du niveau marin avec la topographie.

Toutefois, le niveau marin appliqué est différent selon que l'on étudie le secteur entre le trait de côte et le haut de plage et le secteur à l'arrière du premier obstacle (arrière dune, urbanisation, infrastructures) Cela revient à considérer deux casiers pour la projection du niveau marin puis à affiner le résultat en fonction de la connaissance du fonctionnement hydrologique et des connaissances historiques (proximité du rivage, communication avec la mer, estuaire, grau...).

La méthode simple d'une seule superposition d'un niveau marin de référence à la topographie s'est révélée incomplète pour ce scénario de forte occurrence (fréquent). A la différence des scénarii moyens et extrême, on considère que les obstacles de front de mer et de haut de plage ne sont pas transparents. La communication entre la mer et les secteurs inondés ne se fait que dans les zone de faiblesse altimétrique, lors de la formation de grau, ou de brèches, par franchissement de paquets de mer.



La méthode mise en œuvre se décline en 4 étapes :

1° - Détermination des valeurs des niveaux marins à utiliser pour les différents secteurs

- Caractéristiques d'une tempête décennale

- Données utilisées dans l'étude « Evaluation de la submersion marine lors des tempête en Languedoc Roussillon » réalisée dans le cadre du CPER 2007-2013 par le BRGM :

Hs = 6,09m, Tp max = 10,2 s, analyse réalisée par le CETMEF en avril 1998 -
houle décennale = 6.09 m (intervalle de confiance à 70% : 5.78 m à 6.46 m)

Niveau marin = 0,88 m déterminé à partir des mesures marégraphes et relevés dans les ports lors de la tempête du 04/12/2003

	4/12/2003	12-13/11/1999	16-18/12/1997
Sète (marégraphe)	0.85 m IGN69	0.75 m IGN69	1.06 m IGN69
Port Barcarès (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.20 m ^a		1.2 m
Port de Canet (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.25 m ^b		1.2 à 1.3 m
Port de Saint-Cyprien (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.30 m ^c		1.45 m
Port d'Argelès (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.30 m ^d		1.5 m
Port-Vendres (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.50 m ^e	1.30 m	1.7 m
Port-Vendres (marégraphe)	0.87 m IGN69		

^a constaté par M Rault directeur du Port au niveau de l'échelle placée sous le pont mobile

^b constaté par M Bonafos directeur du Port : environ 25 cm par rapport aux quais (quai de la capitainerie) eux-mêmes situés à +1m

^c constaté par M Isodoro, Maître de port : environ 30 cm par rapport aux quais (quai de l'UDSIST) eux-mêmes situés à +1m

^d constaté par M Bigou directeur du Port : environ 30 cm par rapport aux quais (quai de la capitainerie) eux-mêmes situés à +1m

^e quais intérieurs (situés à +1,50m) noyés constaté par M Guillet Commandant du port

Le calcul pour une tempête décennale donne les valeurs de niveau marin à la côte, suivantes :

- **TRI Narbonne**
 - niveau marin statique (set-up compris) 1,30 m
 - niveau dynamique max (run up compris) 2 à 2,60 m
- **TRI Béziers**
 - niveau marin statique (set-up compris) 1,30 m
 - niveau dynamique max (run up compris) 2 à 2,50 m, ponctuellement de 2,8 à 3,40 m
- **TRI Sète**
 - niveau marin statique (se-tup compris) 1,40 à 1,46 m
 - niveau dynamique max (run up compris) 2,7 à 3 m, ponctuellement à 3,7 m
- **TRI Perpignan**
 - niveau marin statique (set-up compris) 1,30 m (niveau aux ports des PO en 2003)
 - niveau dynamique max (run up compris) 2,60 à 3 m, ponctuellement à 3,50 m
- **TRI Montpellier**
 - niveau marin statique (set-up compris) 1,30 m
 - niveau dynamique max (run up compris) 2,60 m, ponctuellement à 2,80 m

Le niveau marin statique atteint $N = \text{set-up} + \mu$

où set-up = remonté locale du niveau marin

et μ = surcote avec marée

Le niveau instantané maximal est le niveau atteint par le jet de rive. Cet élément permet de définir les secteurs qui pourraient être franchis lors de la tempête. Ces niveaux à la cote sont calculés selon les formulations de Holman (1986), modifiée par Stockdon et al (2006). Les caractéristiques géomorphologiques du littoral sont prises en compte dans les formules ces dernières incluant la pente de l'avant-cote et celle de la plage émergée.

2° - Construire les enveloppes des casiers sur lesquels sera réalisé la projection horizontale

L'objectif est d'être sûr que tout secteur ayant subi une inondation depuis 1997 sera pris en compte Cette

enveloppe sera construite à partir :

- De la numérisation des extensions d'inondations historiques 2003 1997-1999,
- Complété par la délimitation « cordon dunaire » et « plaine littorale » (réalisée à partir de la géomorphologie, dans le cadre de l'AZISM),
- La limite du secteur « Zone d'action mécanique des vagues » qui délimitera les 2 casiers.

3° - Réaliser les superposition niveau marin topographie et identifier les extensions d'inondation et les classes de hauteur d'eau.

4° - Valider le résultat en fonction des données historiques disponibles

Une analyse de la cartographie ainsi produite est réalisée pour prendre en compte les caractéristiques du site et la comparaison avec les données historiques connues. Les extensions d'inondation et les hauteurs d'eau obtenues, sont adaptées et modifiée « à dire d'expert » en fonction de leur proximité au rivage, de leur communication avec la mer, estuaire, grau, des faiblesses altimétriques qui seront identifiés entre les deux casiers.

Globalement, à l'arrière du front de mer (casier 2) seuls les secteurs bas (< 0,5m NGF) et proche du rivage seront soumis à une hauteur d'eau > 50 cm. Les autres seront intégrés dans la classe de 0 à 0,50.

Données Topographiques

Identiques à celles des scénarios précédents.(MNT-Litto3D)

Périmètre d'étude

Enveloppe maximum potentielle de l'aléa fréquent délimité par les relevés historiques et complétée (notamment aux pourtours des étangs) par la délimitation de l'unité « plaine littorale » identifiée dans l'AZISM.

Prise en compte des ouvrages de protection

Il n'a pas été identifié sur le littoral Languedoc Roussillon d'ouvrage de protection à la submersion marine au sens du décret digues du 11/12/2007.

La limite du haut de plage comme les cordons dunaires ou les murs longeant les aménagements de fronts de mer forme globalement la séparation entre les deux casiers.

Modes de représentation retenus pour la cartographie

Les hauteurs d'inondation ont été cartographiées au travers de 3 classes.

L'évaluation de ces hauteurs d'eau s'appuie sur le calcul en tout point faisant partie du périmètre défini, de la différence entre la côte du Niveau marin projeté et celle du terrain naturel, issue de la topographie Litto3D.

Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario fréquent

- Hauteur comprise entre 0 et 50 cm ;
- Hauteur d'eau comprise entre 50 cm et 1 m ;
- Hauteur d'eau comprise entre 1 et 2 m ;

Incertitudes et limites de la cartographie obtenue

La méthode de la superposition du niveau marin à la topographie est dépendante de la précision du MNT et des hypothèses et calculs des niveaux marins de référence..

La précision altimétrique du MNT utilisé est de 30 cm en EMQ (erreur moyenne quadratique) - le Lidar donne même une précision altimétrique de 15 cm en EMQ en terrain dégagé.

Les niveaux marins utilisés dépendent des choix opérés pour leurs calculs toutefois pour ce scénario ils bénéficient d'une validation robuste avec de nombreux relevés établis lors des derniers événements récents d'occurrence proches.

La Cartographie est dépendante de l'étendu du périmètre d'étude adopté au départ. Par sécurité celui-ci est une enveloppe maximale afin de ne pas écarter de l'analyse des terrains potentiellement inondables. La comparaison avec les relevés post tempête connus permet de réduire les incertitudes pour ce scénario.

La méthode appliquée cette fois sur 2 casiers permet de mieux prendre en compte la qualification de l'aléa fréquent sur les secteurs de front de mer en utilisant un niveau marin dynamique incluant l'action des vagues et du jet de rive.

3.3 - 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 de Narbonne ont été établies pour l'ensemble des débordements de cours d'eau. Plus particulièrement pour la cartographie des débordements de cours d'eau, celle-ci a été élaborée à partir de l'agrégation par scénario des enveloppes de surfaces inondables de chaque cours d'eau cartographié. Ainsi, dans les zones de confluence, l'enveloppe retenue correspond à l'extension du cours d'eau le plus étendu en un point donné pour le scénario considéré. Son échelle de validité est le 1 / 25 000^e.

Ces cartes de synthèse des surfaces inondables, donnent une vision synthétique et non exhaustive.

4 - Cartographie des risques d'inondation du TRI

4.1 - Rappel sur le caractère partiel des cartes

Il convient de rappeler que dans ce cycle de la mise en œuvre de la Directive Inondation, tous les cours d'eau du TRI (dont les affluents) n'ont pas été étudiés, ce qui conduit à une analyse non exhaustive des enjeux sociaux et économiques sur l'ensemble du TRI.

Etant donné les résultats partiels obtenus pour les 3 principaux cours d'eau retenus pour cette phase de la DI (l'Aude, l'Orbieu et le Berre), il convient de rappeler les enjeux exposés (personnes et emplois) lors d'une crue extrême pour tous les cours d'eau confondus, mentionnés à la page 5 également . De plus, il faut noter que les enjeux exposés pour les autres occurrences (fréquentes et moyennes), seront traités dans les prochains cycles de la DI, dont le renouvellement se fera tous les 6 ans.

Rappel des enjeux (population et emplois) en EAIP (Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles), sur tous les cours d'eau et affluents du périmètre du TRI, pour un événement extrême

<i>Type de phénomène</i>	<i>Population permanente (nombre d'habitants)</i>	<i>Part de la population permanente</i>	<i>Nombre d'emplois</i>	<i>Part des emplois</i>
Débordements de cours d'eau	54 363	57,4%	22 638	61,2%
Submersions marines	12 189	12,9%	8 188	22,1%

Le développement économique du territoire s'est souvent réalisé en zone inondable : 520 860 m² des bâtiments d'activité économique se situent en EAIP.

4.2 - 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).

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.

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 (EPR), soit de bases plus locales.

4.3 - 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.

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

Dans ce TRI, la population permanente située dans la zone inondable pour les débordements de cours d'eau étudiés dans ce cycle (Aude, Berre) s'élève ainsi à :

- 1 518 pour le scénario fréquent ;
- 15 151 pour le scénario moyen ;
- 22 586 pour le scénario extrême.

La population permanente située dans la zone inondable pour la submersion marine s'élève à :

- 1 053 pour le scénario fréquent ;
- 6 447 pour le scénario moyen ;
- 24 432 le scénario moyen avec changement climatique ;
- 39 507 pour le scénario extrême.

Pour mémoire, dans ce TRI, environ 55 000 habitants permanents sont situés dans l'EAIP de l'ensemble des cours d'eau et plus de 12 000 dans l'EAIP de la submersion marine.

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.

Dans ce TRI, les emplois situés dans la zone inondable pour les débordements de cours d'eau étudiés dans ce cycle (Aude, Berre) s'élèvent ainsi à :

- 454 pour le scénario fréquent ;
- 3 570 pour le scénario moyen ;
- 4 871 pour le scénario extrême.

Les emplois situés dans la zone inondable pour la submersion marine s'élèvent à :

- 1 521 pour le scénario fréquent ;
- 3 150 pour le scénario moyen ;
- 3 150 le scénario moyen avec changement climatique ;
- 3 764 pour le scénario extrême.

Pour mémoire, dans ce TRI, près de 23 000 emplois sont situés dans l'EAIP de l'ensemble des cours d'eau et plus de 8 000 dans l'EAIP de la submersion marine.

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.

Ces valeurs sont présentées ici par commune et sur l'ensemble du TRI.

TRI de Narbonne	Habitants permanents en 2010	Taux d'habitants Saisonniers	Population Saisonnière
Bages	843	0,8	702
Coursan	6087	0,1	557
Cuxac-d'Aude	4395	0,1	390
Fleury	3197	13,0	41413
Gruissan	4543	12,0	54734
Marcorignan	1155	0,2	213
Moussan	1795	0,1	257
Narbonne	51227	0,7	35534
Névian	1350	0,2	208
Peyriac-de-Mer	997	0,7	736
Port-la-Nouvelle	5658	4,5	25432
Saint-Marcel-sur-Aude	1612	0,2	344
Saint-Nazaire-d'Aude	1849	0,2	441
Salles-d'Aude	2774	0,4	1159
Sallèles-d'Aude	2466	0,3	732
Sigean	5323	0,8	4378
Vinassan	2405	0,2	419
TOTAL TRI	97676	1,7	167649

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 donnée nationale « BDERU » complétée par la base de donnée de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Les données sont visualisables sur <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>.

Aucune IPPC située à 30 km en amont du TRI de Narbonne, en zone inondable n'a été repérée.

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 préfectures ;
- *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)).
- Les établissements SEVESO (sans distinction de seuil) dont 8 ont été recensés dans le TRI de Narbonne.

4.4 - Précision sur les sources de données des enjeux

Les bases de données mobilisées dans ce cadre sont :

- **la BD topo de l'IGN** pour identifier les bâtiments et les installations sensibles ou utiles à la gestion des crises
- **la base GIDIC/ S3IC et la BDERU du Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie** pour les installations polluantes ou dangereuses et les stations d'épuration,
- **les éléments issus du Rapportage de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)** pour le patrimoine naturel.

Sans être représentées sur les cartes, les installations IPPC, SEVESO AS, les stations d'épuration de plus de 10 000 équivalent habitants, situées à moins de 30 km en amont du TRI ont été recherchées sur la base de l'évaluation préliminaire du risque d'inondation (EPRI), première phase de la Directive Inondation. Voir le résultat de cette analyse dans le chapitre précédent.

5 - Annexes

Annexe I : Atlas cartographique

- **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

- **Généralités sur la modélisation des débordements de cours d'eau**
- **Description de la base de données SHYREG**
- **Description de l'outil de modélisation CARTINO**
- **Description de la méthode retenue pour la cartographie des submersions marines sur le littoral méditerranéen**
- **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**



**Direction régionale de l'Environnement
de l'Aménagement et du Logement
LANGUEDOC-ROUSSILLON**

520 allée Henri II de Montmorency
34064 Montpellier
Tél : 33 (04) 34 46 64 00

