

Directive Inondations ***Bassin Rhône-Méditerranée***

Décembre 2013

***Territoire à Risque Important
d'inondation (TRI) de Sète***

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

-
Rapport explicatif

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
v1	27/04/13	Cadre DREAL
v2	08/2013	DT
v3	09/2013	Complément DT / SB
v4	08/09/2013	Relecture NR
v5	11/12/13	Suite phase de consultation

Affaire suivie par

Danièle THERASSE
Tél. :04 34 46 62 13
Courriel : ddtm-ser-prnt@herault.gouv.fr

Rédacteur

DREAL RA
DDTM 34

Relecteur

Nicolas RASSON / SER – PRNT

SOMMAIRE

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE.....	4
• Le Territoire à risque Important d'Inondation de Sète.....	4
• La cartographie du TRI de Sète.....	6
1 - INTRODUCTION.....	8
2 - PRÉSENTATION.....	9
2.1 - Caractérisation du TRI de Sète.....	9
2.2 - Les mesures de prévention contre le risque inondation	14
2.3 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie.....	14
2.4 - Association technique des parties prenantes.....	14
3 - CARTOGRAPHIE DES SURFACES INONDABLES DU TRI.....	16
3.1 - Débordement de cours d'eau.....	16
3.1.1 - La Vène.....	16
3.2 - Submersion marine.....	21
3.3 - Carte de synthèse des surfaces inondables.....	37
4 - CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION DU TRI.....	37
4.1 - Rappel sur le caractère partiel des cartes.....	37
4.2 - Méthode de caractérisation des enjeux.....	38
4.3 - Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques.....	38
4.4 - Précision sur les sources de données des enjeux	42
5 - ANNEXES.....	43
Annexe I : Atlas cartographique.....	43
Annexe II : Compléments méthodologiques.....	43

Résumé non technique

• Le Territoire à risque Important d'Inondation de Sète

○ Définition et objectifs généraux du TRI

La sélection du Territoire à Risque Important d'inondation de Sète 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 Sète 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	33 949	39,5%	398 658	17 103	64,0%	2 083 475
Submersions marines	25 725	29,9%	267 639	17 394	65,0%	1 656 751

Le périmètre du TRI et ses caractéristiques spécifiques

Le périmètre du TRI de Sète, concentrant 7 communes, s'est constitué autour du bassin de vie du port de Sète.

Celui-ci a été précisé pour tenir compte :

- de la dangerosité des phénomènes de submersions marines,
- des débordements d'étangs sur certaines communes.
- des débordements des trois cours d'eau principaux sur certaines communes.

Le périmètre du TRI de Sète, concentrant 7 communes, s'est constitué autour du bassin de vie du port de Sète.

Celui-ci a été précisé pour tenir compte :

- de la dangerosité des phénomènes de submersions marines ;
- des débordements d'étangs sur certaines communes.

Ces phénomènes sont aggravés par :

- la pression démographique croissante en Languedoc-Roussillon et notamment sur ce territoire,
- la pression touristique saisonnière, jusque tard en saison, au moment des crues de type cévenoles.

○ **Description du TRI et de ses principales caractéristiques**

Le TRI de Sète concerne le département de l'Hérault (34) et compte 7 communes, soumises aux aléas de submersion marine et de débordements de la Vène, de l'Étang de Thau et des Étangs palavasiens.

Il regroupe 88 116 habitants permanents. Sa population saisonnière s'élève à 75 703 habitants, soit 85,9 % du nombre total d'habitants permanents du TRI (données 2010).

Ses enjeux économiques sont liés à ses activités : :

- portuaires ;

- touristiques avec une capacité d'hébergement de plus de 50 000 personnes.

De plus, le bassin de vie sétois est caractérisé par un fort développement démographique et une forte pression urbaine, constituant donc une véritable poche d'enjeu.

- o **Phénomènes identifiés comme prépondérants pour la cartographie**

Le TRI de Sète est exposé à la submersion marine sur la partie littorale et à la submersion par les étangs littoraux ainsi qu'à des crues de type cévenol ou méditerranéen extensif d'intensité moyenne (crues rapides) pouvant se conjuguer avec des tempêtes marines.

Réseau hydrographique du département de l'Hérault

Le département de l'Hérault dispose d'un large réseau hydrographique, dont la Vène est identifiée pour ce TRI et est bordé en zone littorale par des étangs alimentés par ce réseau..

Ce TRI répertorie d'autres cours d'eau qui ne sont pas représentés dans ce cycle de la phase cartographique en raison de donnée partielle ou d'indisponibilité de la donnée.

Caractère partiel de la cartographie des cours d'eau pour ce cycle de la DI

Dans ce cycle de la mise en œuvre de la directive européenne, les phénomènes cartographiés sont les inondations par débordement du cours d'eau de la Vène. Compte tenu du délai très contraint pour réaliser cette phase cartographique, les cours d'eau secondaires n'ont pas pu être représentés. Ils le seront ultérieurement dans le cadre d'un prochain cycle de la directive, suivant leur importance et leur impact sur le TRI.

- **La cartographie du TRI de Sète**

- o **Objectifs généraux et usages de la cartographie**

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

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

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

Enfin, il convient de rappeler que cette cartographie du TRI est partielle, en raison d'indisponibilité de la donnée sur les 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 ci-dessus).

o Synthèse des principaux résultats de la cartographie

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

- les débordements de cours d'eau et la submersion marine :
 - des cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême et moyen avec changement climatique pour le cas de la submersion marine) pour les débordements de la Vène ainsi que la submersion marine et la submersion par les étangs. Ces 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 scénarios pour la submersion marine 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 des cours d'eau ou submersion marine),
 - un tableau d'estimation des populations et des emplois exposés par commune et par scénario.

A l'échelle du TRI de Sète, la cartographie des risques d'inondation fait ressortir l'estimation des populations et des emplois présentée dans le tableau joint à l'atlas cartographique et synthétisée ci-après. Les populations et emplois exposés dans l'EAIP, en cas de crue extrême, pour tous cours d'eau confondus, sont également rappelés ci-après.

	Population permanente				Emplois			
	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa moyen avec changement climatique	Aléa extrême	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa moyen avec changement climatique	Aléa extrême
Débordement de cours d'eau	115	425	425	497	100	121	121	137
Submersion marine	3 451	7 537	16 577	25 155	980	6 062	12 618	17 422
EAIP débordement de cours d'eau	Aléa extrême				Aléa extrême			
	33 949				17 103			
EAIP submersion marine	25 725				17 394			

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 Sète a été retenu au regard des débordements de cours d'eau et de la submersion marine 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 engagent 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 scénarios :

- 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 scénarios d'inondation, ces cartes des surfaces inondables et des risques d'inondation visent à enrichir le porter à connaissance de l'État dans le domaine des inondations et à contribuer à la sensibilisation du public.

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

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

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

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

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

- Des cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême) pour les débordements de cours d'eau (et pour les submersions marines).
Elles représentent l'extension des inondations et les classes de hauteurs d'eau.
- Des cartes de synthèse des surfaces inondables des différents scénarios pour les débordements de cours d'eau (et pour la submersion marine).
Elles représentent uniquement l'extension des inondations synthétisant sur une même carte pour chacun des phénomènes respectivement de débordements des cours d'eau et de submersion marine, selon les 3 scénarios.
- 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 Sète (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 cartes au 1/25 000^{ème}.

2 - Présentation

Dans le département de l'Hérault, les précipitations annuelles sont pour l'essentiel comprises entre 600 et 1400 mm sur le Parc Naturel Régional du Haut Languedoc. Le climat océanique domine en altitude tandis que l'influence méditerranéenne se fait sentir sur le littoral. Le contexte hydrogéomorphologique du département de l'Hérault se structure autour de neuf bassins versants principaux liés aux cours d'eau et étangs : l'Hérault, l'Aude, l'Orb, le Libron, le Lez et la Mosson, le Thoré et l'Agout, le Vidourle, l'Etang de Thau et l'Etang de l'Or.

2.1 - Caractérisation du TRI de Sète

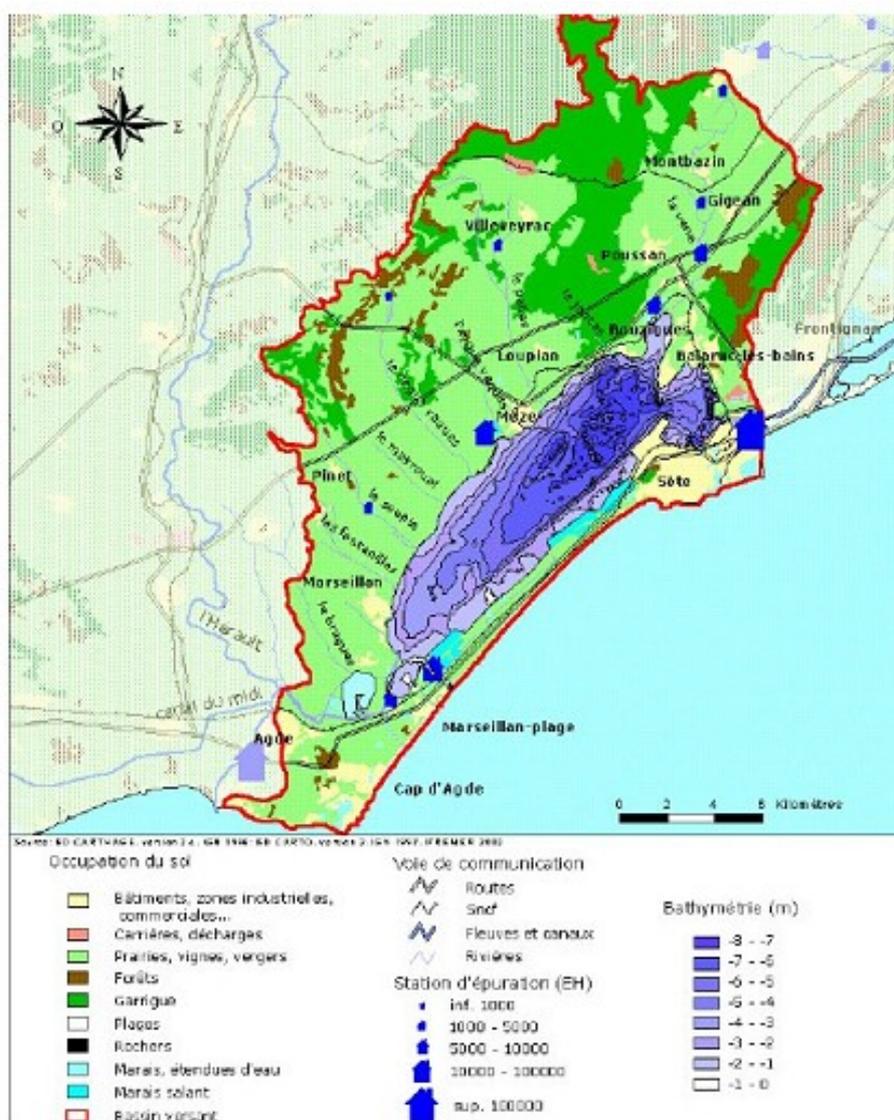
Le TRI de Sète compte 7 communes exposées aux débordements de cours d'eau et à la submersion marine et par les étangs (voir carte ci-après).

Le développement économique s'est souvent réalisé en zone inondable et on compte 544 360 m² des bâtiments d'activité économique en EAIP.

Pour la submersion marine, la population concernée se trouve principalement sur la commune de Sète.

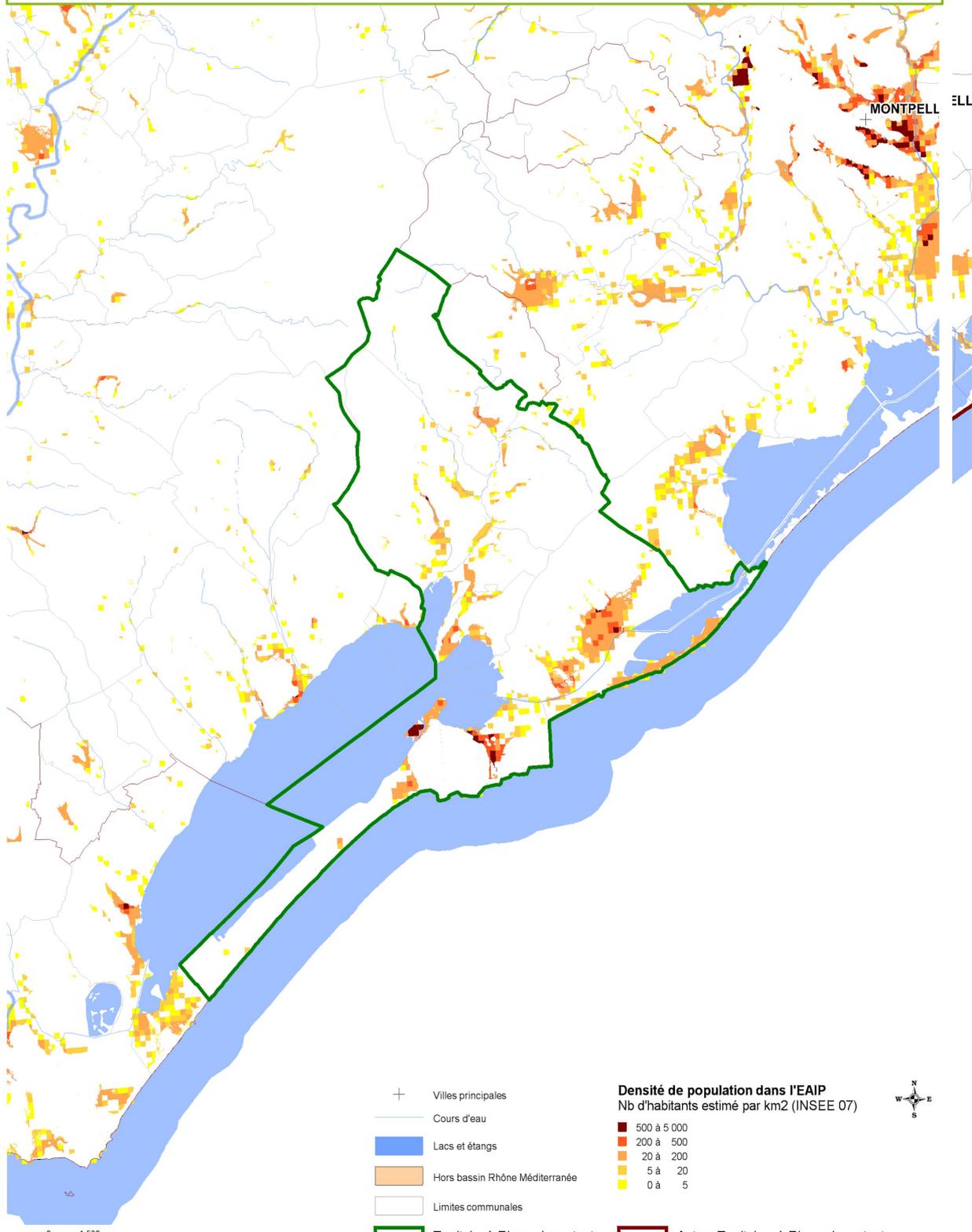
En ce qui concerne l'occupation du sol, le TRI de Sète se caractérise par une prédominance de zones urbanisées localisées principalement en zone littorale, et de terrains agricoles et forestiers en retrait de la frange littorale. Le zonage concernant la couverture végétale est le suivant :

- le secteur de bas-reliefs est majoritairement couvert de vastes espaces naturels de garrigues basses à Chênes verts (buis, romarin ...), d'espaces boisés (chênes blancs, pinèdes de pins d'Alep) sur la zone ouest du massif de la Gardiole, le Bois de la Fontaine aux Aresquiers et sur le Mont Saint-Clair,
- sur la zone de littorale, les parcelles de vigne, de maraîchage et les agglomérations se substituent progressivement aux paysages de garrigue.



Les lidos languedociens, et tout particulièrement ceux anthropisés et artificialisés, sont très vulnérables aux aléas littoraux (érosion et submersion). La doctrine inter-régionale sur l'élaboration des PPRL préconise de ne pas augmenter les enjeux humains et économiques sur ces secteurs et donc d'interdire ou limiter très strictement les constructions sur lidos, y compris dans les dents creuses.

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



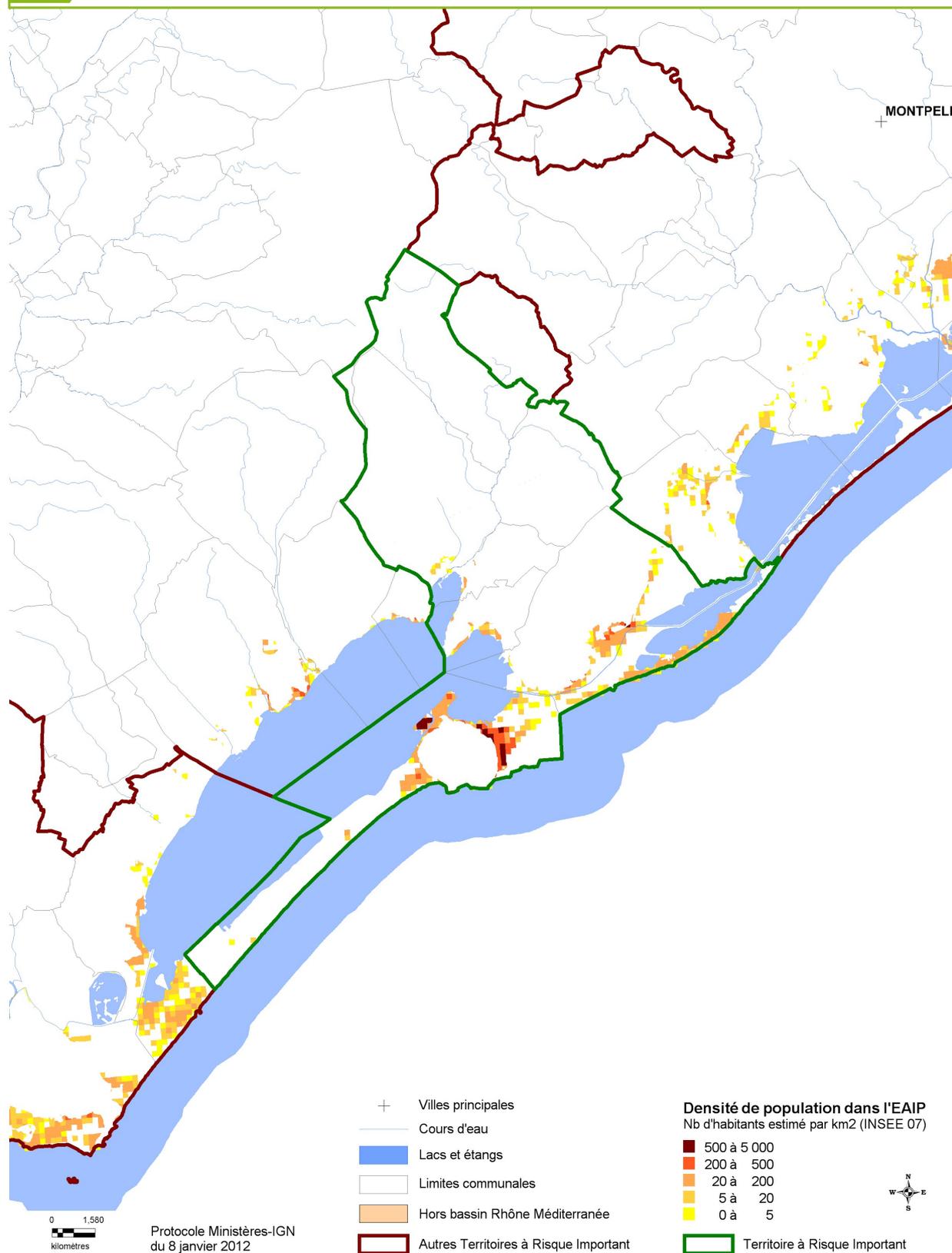
0 1,580
kilomètres

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 Sète Densité de population dans l'EAIP submersion marine



2.2 - Les mesures de prévention contre le risque inondation

Les communes appartenant au TRI de Sète bénéficient d'une couverture intégrale en PPRi, approuvés en janvier 2012, les communes du TRI appartenant à la liste de la circulaire du 2 août 2011 qui a défini les communes littorales où le risque de submersion marine est à prendre en compte de manière prioritaire au regard des enseignements de la tempête Xynthia. En revanche, il est à préciser que ces PPRi soumis à l'enquête publique au printemps 2011 n'ont pu intégrer la prise en compte des effets du changement climatique tel que demandé par la circulaire du 27 juillet 2011.

Les démarches initiées en 2010-2011 pour faire émerger un PAPI d'intention sur le bassin de Thau par le Syndicat Mixte du Bassin de Thau (SMBT) se sont avérées prématurées. Elles pourraient reprendre ultérieurement, suivant l'évolution des besoins et de la réflexion, à l'initiative des intercommunalités ou du comité stratégique en charge de la conduite du contrat de gestion intégrée actuellement dans sa première phase et qui propose uniquement dans son volet « gouvernance » une assistance aux communes pour l'élaboration de PCS, d'outils d'information et sensibilisation du public ou de formation des élus.

2.3 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie

Les phénomènes d'inondation identifiés comme prépondérants sur le TRI de Sète concernent la submersion marine et par les étangs et les débordements de cours d'eau, en particulier la Vène.

Les premiers dommages du territoire sont concernés par des crues très fréquentes (2 à 3 ans). Certaines crues et tempêtes comptent parmi les derniers événements significatifs ayant touché le territoire et son littoral (pour le cas des tempêtes), comme celles de novembre 1982, de décembre 1997 et de décembre 2003.

En raison d'une forte vulnérabilité humaine du territoire, notamment sur les lidos languedociens, anthropisés et artificialisés, très vulnérables aux aléas littoraux (érosion et submersion), la doctrine inter-régionale sur l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) préconise de ne pas augmenter les enjeux humains et économiques sur ces secteurs et donc d'interdire du moins, limiter très strictement les constructions sur lidos, y compris dans les dents creuses.

Comme précisé précédemment, 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. Les cours d'eau retenus et cartographiés dans ce cycle de la DI, pour les 3 scénarios (faible, moyen et extrême), sont les principaux cours d'eau traversant le TRI, à savoir l'Orb, le Libron et l'Hérault. 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

Durant toute la phase d'élaboration de la cartographie de la directive inondation, l'association des parties prenantes a été menée et a comporté plusieurs étapes.

En premier lieu, dès la sélection des TRI et avant même l'élaboration des cartes, la DDTM de l'Hérault et la DREAL Languedoc-Roussillon ont organisé une réunion technique le 11 décembre 2012 de présentation de la phase de cartographie avec les syndicats de bassins versants, porteurs de PAPI, les communautés d'agglomération, les services du Conseil Régional et du Conseil Général de l'Hérault.

Ont été abordés notamment les objectifs recherchés, le mode d'organisation de la démarche au vu des échéances de rapportage à la commission européenne, le cadre technique retenu au niveau national et les principaux choix préalables à effectuer au niveau régional.

Cette réunion a été l'occasion de présenter également l'état existant en terme de connaissances disponibles (études hydrauliques, PPR, MNT et topographie disponible) et les besoins complémentaires.

De nombreux échanges ont eu lieu en particulier quant aux incidences de la directive inondation sur les démarches PAPI en cours ou en émergence, les financements, les impacts sur les PPRi existants ou les démarches en cours.

C'est à cette occasion que le périmètre d'étude, et par voie de conséquence les cours d'eau à cartographier dans ce premier cycle de mise en œuvre de la directive inondation, a été examiné.

Au terme des études d'aléas menées sous maîtrise d'ouvrage de la DDTM de l'Hérault, une deuxième réunion technique a été organisée le 09 juillet 2013 pour présenter et remettre les principaux résultats cartographiques déjà disponibles et recueillir les premières réactions et observations des partenaires techniques.

Des échanges techniques sont intervenus sur les modèles utilisés, les hypothèses retenues, la prise en compte des ouvrages hydrauliques, les précisions des résultats, ...

Cette réunion a eu également pour objet d'annoncer les phases suivantes de la directive inondation, l'élaboration du Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) à l'échelle du bassin RM, sa déclinaison au sein de stratégies locales (SLGRI) et la stratégie nationale de gestion du risque d'inondation (SNGRI).

Des réflexions sur les porteurs et la gouvernance lors de la rédaction des SLGRI ont également été échangées.

Au-delà de ces réunions spécifiquement consacrées à la directive inondation, la démarche a été explicitée autant que possible au cours des différents comités techniques avec les porteurs de PAPI.

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 ont été mis à la consultation sur Internet pendant deux mois.

Ainsi de manière très large, toute personne désirant s'exprimer a pu envoyer ses observations à l'administration, selon les modalités indiquées sur le site de la consultation (<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/inondations/cartes.php>), avant le 15 novembre 2013.

Une réunion technique a été organisée par la DDTM de l'Hérault le 26 septembre 2013, durant la phase de consultation, pour échanger sur les cartographies soumises à consultation, leurs modes d'élaboration et recueillir le plus fidèlement possible les observations des partenaires techniques. Elle a rassemblé les structures de bassins versants dont les porteurs de PAPI, des représentants de communautés d'agglomération et des services du Conseil Général.

Par ailleurs, une commission géographique inondation Gard-Côtiers-Ouest, organisée le 17 octobre 2013, a permis 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-Côtiers-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.

Le Comité Départemental de l'Eau de l'Hérault a également été mobilisé pour :

- présenter la démarche de la directive inondation lors d'un comité plénier du 11 juillet 2013,
- catalyser la future mise en œuvre des stratégies locales, dans le cadre de son groupe de travail « inondations », lors du CDE stratégique du 08 novembre 2013 sous la co-présidence du préfet de Languedoc-Roussillon et de l'Hérault et du Président du Conseil Général de l'Hérault.

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 - La Vène

Principales caractéristiques des phénomènes

Caractéristiques géométriques

Le bassin versant de la Vène constitue un élément du bassin versant de la lagune de Thau.

La lagune de Thau, d'une longueur de 19.5 km et d'une largeur maximale de 4.5 km, s'allonge selon un axe Nord-Est Sud-Ouest et couvre une surface de 7500 hectares. Son bassin versant, composé de 16 communes, est caractérisé par une superficie de 280 km². Il est délimité par la montagne volcanique d'Agde au sud, le Massif de la Mourre à l'ouest et le massif de la Gardiole au nord. La lagune est séparée de la Méditerranée par le Lido, cordon littoral sableux de 12 km de long.

La Vène prend sa source au-dessus de Montbazin, sous la forme d'une résurgence karstique. Son bassin versant réel est plus vaste qu'il n'y paraît du fait des nombreux et complexes réseaux souterrains qui collectent et acheminent l'eau vers la Vène. Elle est alimentée par plusieurs petits affluents. Son exutoire se situe au droit du village de Balaruc-le-Vieux et apparaît sous la forme d'un grand delta accompagné de zones humides et marécageuses.

- Les pentes sont généralement faibles. Les ruisseaux divaguent alors sur un plancher alluvial de taille variable, atteignant parfois plus de 400 mètres de large.
- D'autres ruisseaux s'écoulent au sein de gorges aux pentes très prononcées ; leur plaine alluviale est alors très restreinte jusqu'à l'arrivée au contact de la plaine de la Vène où leur vallée s'ouvre parfois brutalement.

- L'hydrodynamisme est très soutenu sur l'ensemble de la vallée. Nombreuses sont les traces de cet hydrodynamisme : lit bien marqué, érosion de berges, bras de décharge, axes d'écoulement secondaire.

Le contexte climatique :

Le climat est de type méditerranéen caractérisé par des hivers doux et peu arrosés et des étés chauds et secs.

Les précipitations se concentrent durant l'automne et le printemps, mais la première de ces saisons est beaucoup plus humide et fournit l'essentiel des pluies. Ces pluies tombent très souvent sous forme d'orages aussi brefs que violents et peuvent occasionner d'importants dégâts de par leur intensité.

Caractéristiques hydrographiques :

La partie nord du bassin versant de **Thau**, drainée par une dizaine de cours d'eau dont le régime est intermittent, couvre une surface de 250 km². Deux cours d'eau (la Vène et le Pallas) drainent près de la moitié de la superficie du bassin versant.

Caractéristiques géologiques

La nature géologique du bassin versant est contrastée. La zone nord-est, la plus pentue (moyenne 2%), est constituée pour l'essentiel de terrains calcaires karstiques correspondant globalement au bassin versant de la Vène. (Le reste du bassin est à dominante marneuse et marno-argileuse). Le lido, caractérisé par de très faibles pentes, est formé de sables argileux.

Événements historiques :

Il est difficile de trouver de la documentation sur ces crues.

Les informations ont été collectées auprès des communes et dans les études antérieures.

- 1937,
- 1953 (Montbazin-La crue la plus importante de mémoire d'homme),
- 1955 (le 27/08),
- 1963 (probablement le 13 septembre ou le 31 octobre),
- 1979 (le 20/01),
- 1987 (le 10/09), la plus présente dans la mémoire collective,
- 1997 (Balaruc-le-Vieux 80 cm à 1 m d'eau sur la route, Rue du camping au passage de l'Agau),
- 2003 (La crue la plus récente; Pour cette crue, la route de Gigean et la cave coopérative ont été inondées).

De nombreuses installations humaines perturbent les écoulements : levées de terre, remblais... Ces aspects anthropiques peuvent parfois accroître le risque, en particulier pour les secteurs amont de ces ouvrages qui voient la ligne d'eau augmenter.

Sur la Vène les enjeux sont nombreux, notamment dans le centre urbain de Montbazin où un grand nombre d'habitations se trouve en zone inondable. Les stations d'épuration et bassins de lagunages situés sur la commune de Gigean sont également localisés dans la plaine alluviale de la Vène.

Certains des affluents de la Vène peuvent également affecter de nombreux enjeux lors d'événements extrêmes (habitations, entreprises, ...), comme les ruisseaux de la Barbière, des Oulettes, de la Valaury et de la Lauze.

Enfin, dans la plaine aval, la zone inondable peut dépasser un kilomètre de large entraînant un risque fort à très fort pour les habitations situées dans cette vaste surface.

Ouvrages pris en compte

Aucun ouvrage hydraulique au sens du décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 n'a été pris en compte pour la phase cartographique du TRI.

Le modèle employé est un modèle filaire (modèle 1D). Les ouvrages longitudinaux ont été supprimées sur les profils en travers permettant d'effectuer directement le calcul de la ligne d'eau sans les ouvrages.

Études et méthodes mobilisées

Analyse hydrologique

Synthèse des études antérieures

- Commune de Poussan :
 - Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial (ENTECH 2011),
 - Camping le Garel à Poussan (SIEE 2001). Cette étude porte sur le ruisseau les Oulettes au droit du camping le Garel. Le débit d'occurrence centennale a été estimé à 210 m³/s grâce à la méthode rationnelle.
- Commune de Montbazin :
 - Cartographie des zones inondables de la Vène – Commune de Montbazin (SIEE 1998).
- La Vène :
 - Aménagement et restauration de la Vène – Conseil Général de l'Hérault (SIEE 1991). Ce rapport contient de nombreuses informations, notamment les dates des crues historiques sur la Vène (1936, 1955, 1979 et 1987), et la présence d'une analyse hydrologique à l'échelle du bassin versant avec une détermination des débits en différents nœuds pour plusieurs occurrences de crue.
 - Cartographie des zones inondables de la Vène – Commune de Montbazin (SIEE 1998). Cette étude reprend les résultats hydrologiques de l'étude du schéma d'aménagement réalisé en 1991 par SIEE. Le débit centennal de la Vène à l'entrée de Montbazin a ainsi été estimé à **92 m³/s**.

Données pluviométriques et hydrométriques disponibles :

Dans le cadre des études préalables à l'élaboration du Plan de Prévention des Risques Inondation du bassin versant de l'Etang de Thau, les données pluviométriques de la station de Montpellier-Fréjorgues ont été retenues.

Aucune station hydrométrique n'est présente sur le bassin versant de l'Etang de Thau.

Méthodologie :

Les débits des affluents de la Vène (Petits bassins versants < 20 km²) ont été calculés à l'aide de la méthode rationnelle, pour le débit de pointe décennal, et de la méthode du Gradex pour le débit centennal.

Les débits de la Vène (bassins versants > 20 km²) ont été calculés à l'aide de la méthode Crupédix. pour le débit de pointe décennal et de la méthode du Gradex pour le débit centennal.

Point de calcul	Surface du bassin versant (km ²)	Débit centennal (m ³ /s) Crupédix + Gradex
Vène (entree Montbazin)	18.2	92.6
Vène (aval Montbazin)	20.6	102.3
Vène (amont Oulettes à Poussan)	44.1	171.8
Vène (aval modèle à Poussan)	61.1	220.9

Vene (amont Mange- Cébe à Issanka)	63.3	227.1
Vene (amont Combe de l'Homme Mort)	65.7	232.0
Vene (exutoire)	72.0	250.7

Cartographie des surfaces inondables

Modélisation hydraulique

Caractéristiques du modèle :

Le modèle filaire 1D utilisé dans le cadre de cette étude est Infoworks RS, il permet de modéliser le flux et les niveaux d'eau dans une rivière, sur une longue durée ou à une petite échelle de temps. Il a été développé par Wallingford Software.

Les calculs sont menés en régime filaire au droit de profils en travers.

Calage du modèle

Un certain nombre de données sur les crues historiques ont été recueillies lors d'enquêtes de terrain ou recensées dans les études existantes. Cependant en l'absence de station hydrométrique sur les cours d'eau, ces données ne peuvent servir au calage des modèles hydrauliques. Le calage des modèles a donc été effectué grâce à l'expertise de terrain uniquement.

Exploitation du modèle

Trois scénarios sont modélisés.

Les hypothèses retenues sont celles généralement prises pour la modélisation des zones inondables cartographiées dans les PPRI du département de l'Hérault (cru centennale du fleuve et contrôle aval dû à un niveau marin estimé à 1,50 m NGF).

Les trois scénarios retenus sont déclinés dans le tableau suivant :

	Sc 3	Sc 2	Sc 1
T Vène	1000 ans	100 ans	10 ans
T affluents	100 ans	100 ans	100 ans
T tempête marine	Except.	50 ans	< 50 ans
Niveau étang	2.00 NGF	1.50 NGF	1.30 NGF
Digues transparentes	oui	oui	oui

Scénarios de crue modélisés

Si des digues ou merlons de terre jouant ce rôle ont été édifiés le long de la Vène, elles seront considérées comme inexistantes pour la modélisation des 3 scénarios de crues.

Précision des résultats :

Le type de modèle utilisé et la précision des résultats :

Le modèle utilisé dans le cadre de cette étude est Infoworks RS, il s'agit d'un logiciel de simulation mathématique permettant de reproduire et d'analyser le fonctionnement des cours d'eau, canaux, rivières, champs d'inondations et estuaires.

Infoworks RS permet de modéliser le flux et les niveaux d'eau dans une rivière, sur une longue durée ou à une petite échelle de temps. Il a été développé par Wallingford Software.

Le modèle fournit des résultats au cm près.

Les données utiles à la construction du modèle :

Il s'agit des données topographiques et bathymétriques (relevés in situ) nécessaires à la représentation des casiers. Leur précision altimétrique est de l'ordre de 10 cm.

Les données d'entrée du modèle (hors géométrie) :

Le tableau ci-joint liste les principales sources d'incertitude des données d'entrée du modèle hors géométrie :

DONNEES HORS GEOMETRIE¹

Types de données	Nature de l'incertitude (origine)	Ecart le plus probable (ou précision)	Ecart maximum possible	Ecart exceptionnel envisageable ²	Commentaires
Données hydrologiques					
débîts	Erreur relative (expériences a posteriori)	T<30/50 ans : 10 à 20% 30/50<T<100 ans : 30% T>100 ans : >100%	T<30/50 ans : 20% 30/50<T<100 ans : 40% T>100 ans : >100%	<i>T<30/50 ans : 30 à 40%</i> <i>30/50<T<100 ans : 50%</i>	on peut disposer pour chaque débit d'un intervalle de confiance (incertitude due à la méthode statistique seule)
Données hydrométriques					
hauteurs d'eau	Erreur relative ou précision	capteurs : 5% échelle : 1 à 10 cm	capteurs : 10% échelle : 5 à 20 cm	capteurs : 30% échelle : 20 à 40 cm	Ecart exceptionnel du aux conditions hydrauliques
débîts	Erreur relative	hors crues fortes: 5 à 10% crues fortes : 10 à 20%	hors crues fortes: 10% crues fortes : 20 à 30%	50%	Ecart exceptionnel du à l'extrapolation du tarage
Paramètres de calage					
coefficient de Strickler	Erreur relative	15 à 20%	20 à 30%		pas de limite / signification pour l'écart exceptionnel
pertes de charges singulières, lois d'ouvrages	Erreur relative	15 à 20%	20%		pas de limite / signification pour l'écart exceptionnel
laisses de crues	Précision en altimétrie	20 à 30 cm (crues récentes)	30 cm (crues récentes)	30 à 60 cm	

¹ Il s'agit de **valeurs interprétées** : il s'agit de valeurs issues d'enquêtes et de recueils d'expériences, et toujours en ordre de grandeur. En **italiques** : valeurs non consensuelles.

² Il s'agit de **valeurs arbitraires** déterminées de manière subjective en tenant compte des contraintes physiques (site, type de mesure, variabilité du phénomène physique...) représentant une éventualité réelle maximum. Mais cela **ne concerne pas les données manifestement erronées** que l'on suppose exclues du jeu de données par le manipulateur avant livraison à l'hydraulicien (erreurs de mesures, perte de l'origine,...)

Cartographie des zones d'aléa :

Dans le cas présent, les différents MNT employés sont les suivants :

- Lever Litto 3D, réalisé en commun par le SHOM et l'IGN, disponible sur la partie aval de la zone d'étude,, La précision des levés terrestres est de 15 cm, la tolérance de 40 cm.
- Lever GAIA Mapping, disponible sur toute la zone d'étude, La précision du lever est de 50 cm dans les zones découvertes et de 1 m dans les zones couvertes,

Compte tenu de la précision de ces différents MNT et de leur disponibilité, il a été retenu pour élaborer les cartes d'aléa, par priorité :

- Lever Litto 3D,
- Lever GAIA Mapping,

Conclusion :

Les principales sources d'incertitude sont liées à la prise en compte des données des MNT (15 cm sur la partie aval de la zone d'étude et 50 cm sur la partie amont).

Mode de représentation retenu pour la cartographie :

La cartographie des zones inondables est réalisée à l'aide du logiciel CALYPSEAU mis au point par Egis Eau qui permet de cartographier automatiquement les hauteurs d'eau en tout point du champ d'inondation en croisant le MNT et les résultats de calcul du modèle.

Les classes de hauteurs d'eau retenues pour l'ensemble des scénarios sont les suivantes :

- hauteur d'eau comprise entre 0 et 0,5 m,
- hauteur d'eau comprise entre 0,5 et 1 m,
- hauteur d'eau comprise entre 1 et 2 m,
- hauteur d'eau supérieure à 2 m,

Les enjeux représentés sur les cartes sont issus des fichiers de la BdTopo IGN. Les données des stations d'épuration et des IPPC ont été corrigées à partir des bases de données gérées localement par la DDTM34 ou la DREAL LR.

Les cartes ont été réalisées conformément aux prescriptions de la note sémiologique méthodologique de juillet 2013.

Les cartographies des zones inondables pour chacune des périodes de retour étudiées sont présentées à l'échelle 1/25 000^{ème}.

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'évènement 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 centennaux retenues dans le guide pour l'élaboration des PPRL sont les suivantes :

- 2 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 extrême

« 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 $\eta = a * (H_{0L0})^{1/2}$, 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-tempétopologie**, 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 paléotempétopologie (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 évènements 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 Dézileau 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 encaissements 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.

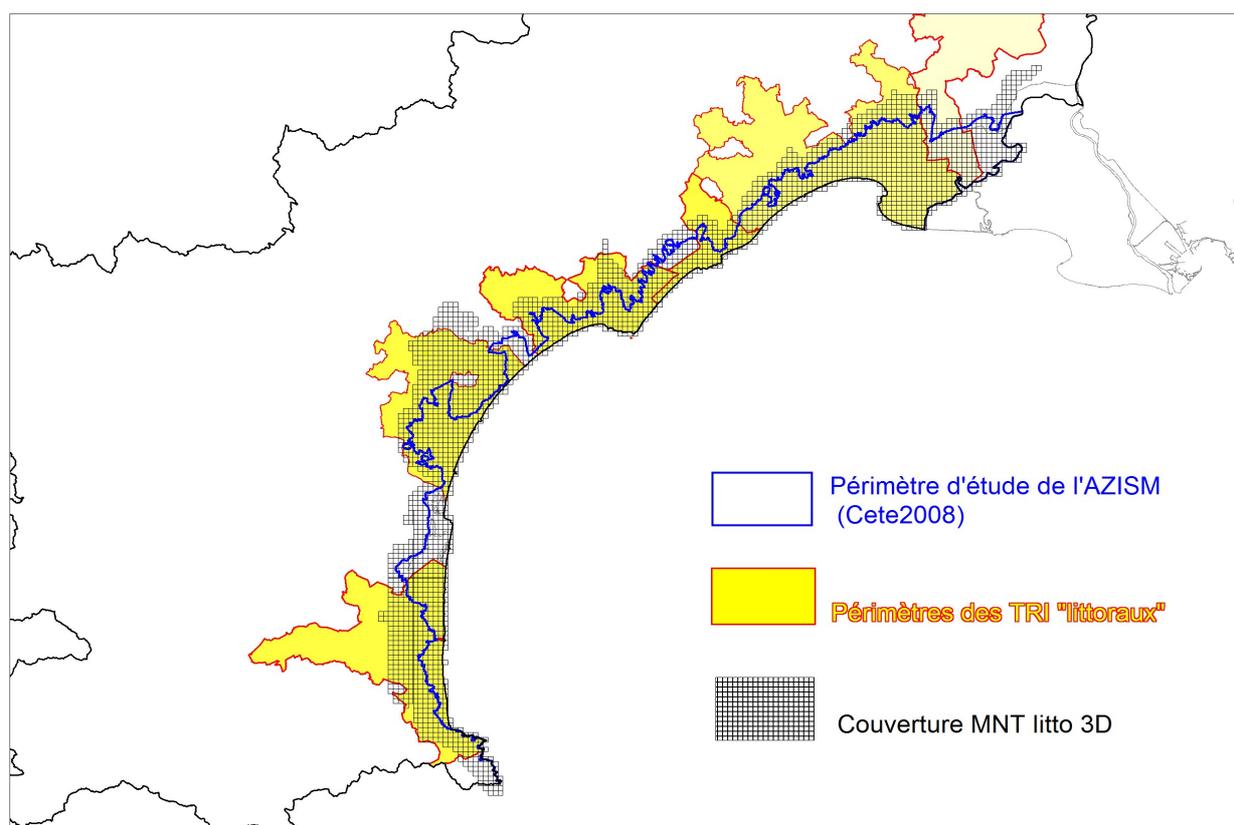
Topographie disponibles sur l'ensemble du littoral du Languedoc Roussillon.

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 zone 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.*

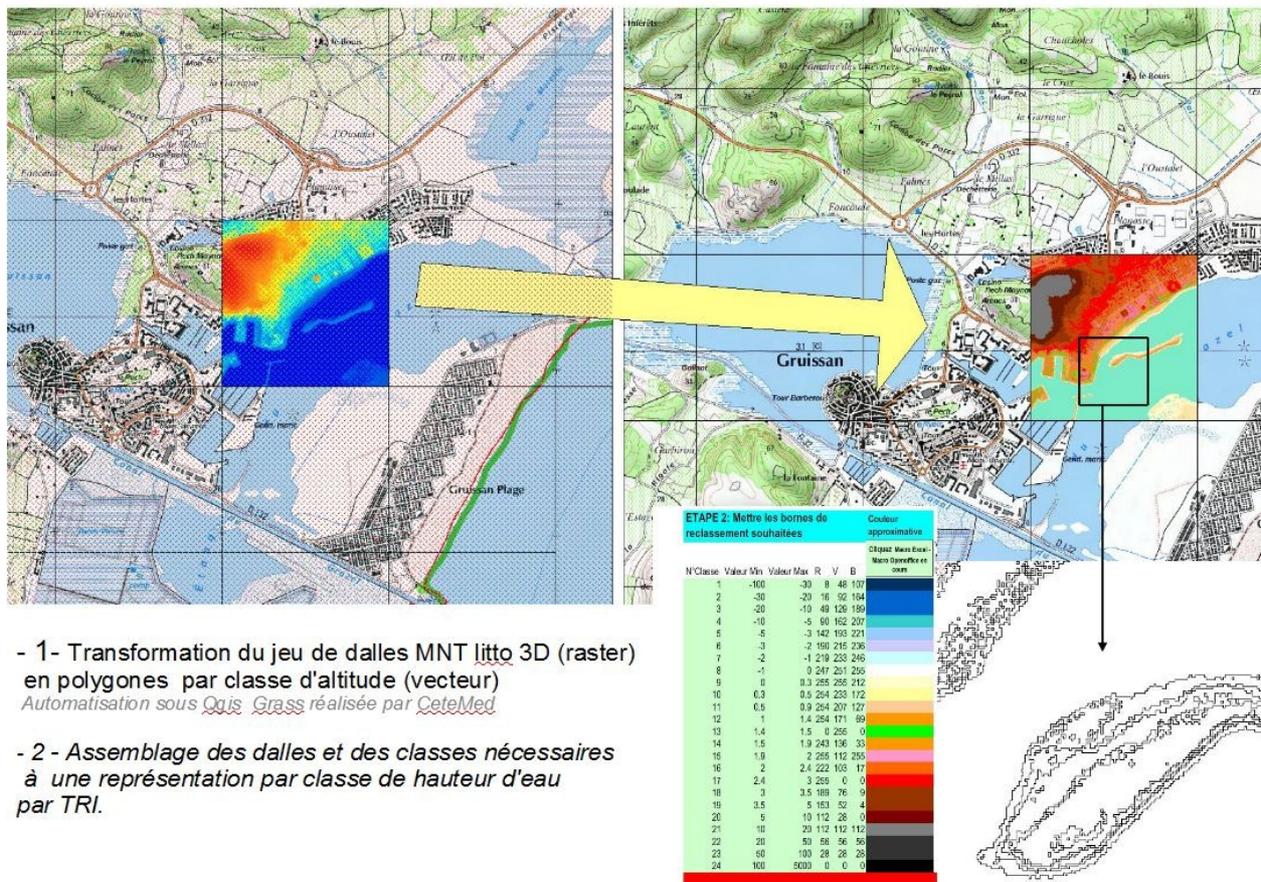
Remarque 2 : *Il semble que pour la borne supérieure (hauteur max du fichier ISO HT) la valeur « 2 » soit imposée dans le standard de donnée Covadis. Aussi c'est la valeur 2 et non 2,40 qui sera saisie dans les fichiers informatiques. Cela revient à faire une approximation sans conséquence. Les terrains 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.

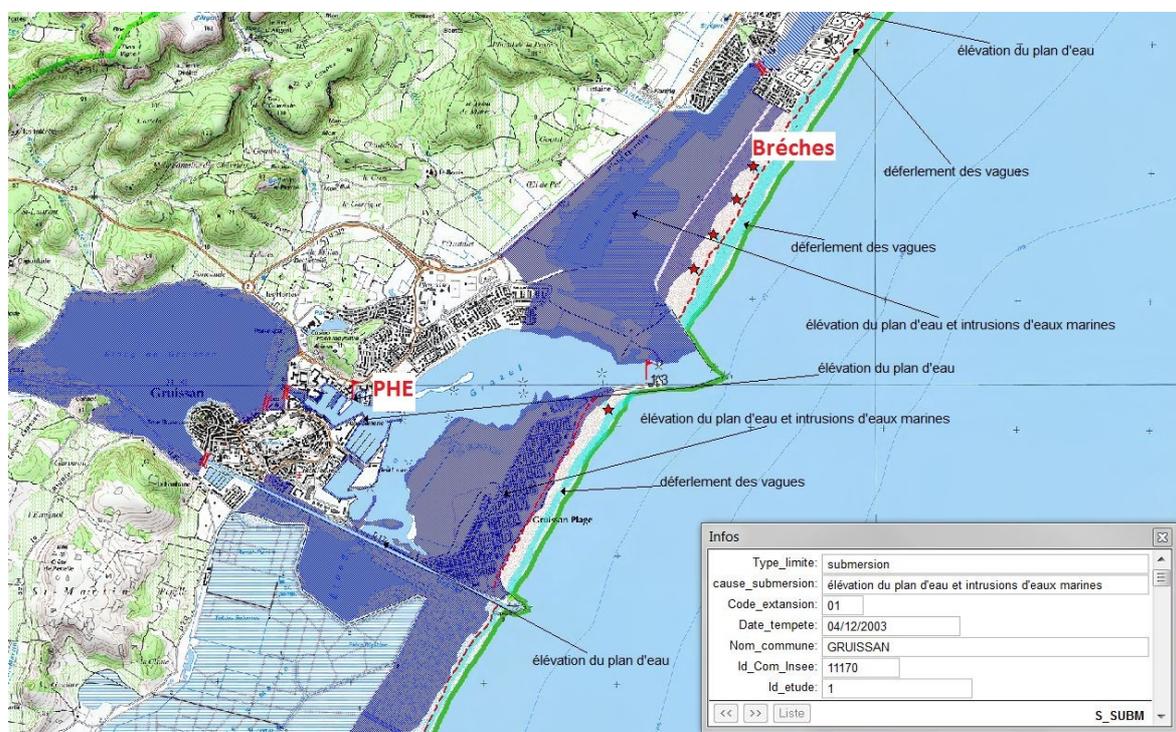
Cinq types de données et études couvrant la région ont été mobilisés pour réaliser cette cartographie :

- 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.

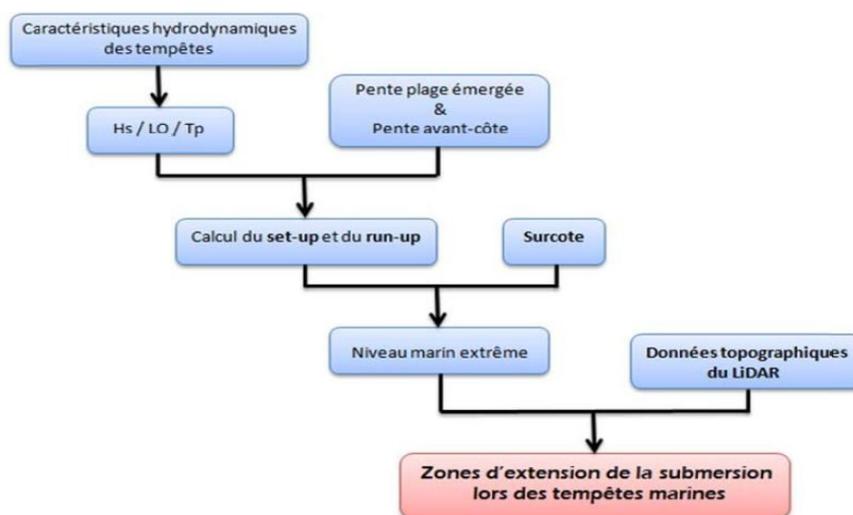


Illustration 5 – Méthodologie établie pour estimer la submersion lors des tempêtes marines.

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.

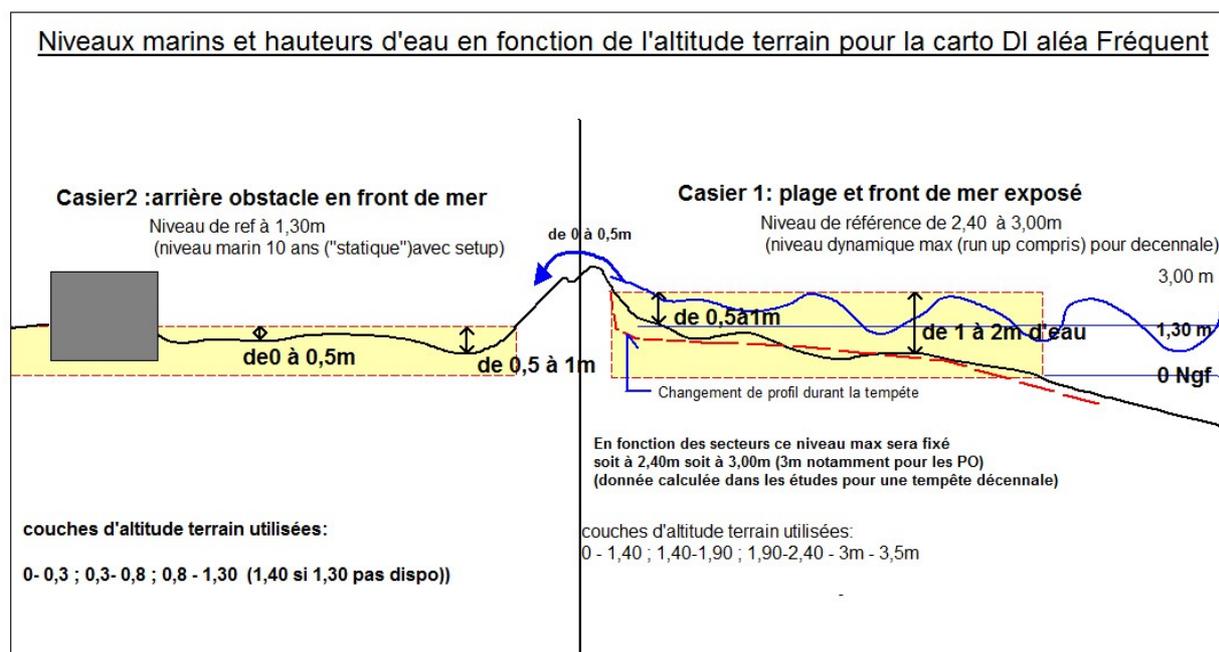
- La topographie fine : couches des classes d'altitudes terrain Map Info « vecteur » issus de la transformation du MNT Lidar IGN LITTTO3 D raster en vecteur
- La délimitation de la plaine littorale de l'atlas des zones inondables par submersion marine

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 zones 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 la 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 modifiées « 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 Sète ont été établies pour les débordements du cours d'eau de la Vène. 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 du 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^{ème}.

Il convient de rappeler que 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.

Étant donné les résultats partiels obtenus pour les 3 principaux cours d'eau retenus sur le TRI pour cette phase de la DI (l'Orb, le Libron et l'Hérault), 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 (fréquent et moyenne), 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, sur tous les cours d'eau et affluents du périmètre du TRI, pour un événement extrême

Type de phénomène	Population permanente (nombre d'habitants)	Part de la population permanente	Nombre d'emplois	Part des emplois
Débordements de cours d'eau	45 326	30,20%	19 600	33,40%
Submersion marine	15 990	10,70%	8 722	14,90%

Le développement économique du territoire s'est souvent réalisé en zone inondable.

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 (EPRI), 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 et synthétisé ci-après à l'échelle du TRI. Pour mémoire, les données de l'EAIP sont également rappelées.

	Population permanente			
	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa moyen avec changement climatique	Aléa extrême
Débordement de cours d'eau	115	425	425	497
Submersion marine	3 451	7 537	16 577	25 155
EAIP débordement de cours d'eau	Aléa extrême			
	33 949			
EAIP submersion marine	25 725			

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 caractéristiques 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 et synthétisé ci-après à l'échelle du TRI. Pour mémoire, les données de l'EAIP sont également rappelées.

	Emplois			
	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa moyen avec changement climatique	Aléa extrême
Débordement de cours d'eau	100	121	121	137
Submersion marine	980	6 062	12 618	17 422
EAIP débordement de cours d'eau	Aléa extrême			
	17 103			
EAIP submersion marine	17 394			

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. À défaut de disposer d'une précision infra-communale, ils n'apportent ainsi pas d'information sur la capacité touristique en zone inondable.

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

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

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

Les précisions sur la méthode sont explicitées en annexe.

4. Bâtiments dans la zone potentiellement touchée

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

En ce qui concerne les IPPC situées à 30 km en amont du TRI de Carcassonne, en zone inondable, seules les deux suivantes ont été repérées : LA CLAU (SARL) et MONIER "Massia" ex LAFARGE COUVERTURE. Enfin, il convient de rappeler que l'analyse s'est basée sur l'AZI et donc ne permet pas d'indiquer si les IPPC mentionnées ci-dessus sont exposées à des crues fréquentes, moyennes ou extrêmes.

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)).

4.4 - Précision sur les sources de données des enjeux

Les bases de Précision sur les sources de données des enjeux 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.

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 la submersion marine).**
- **Cartes de synthèse des surfaces inondables des différents scénarios pour les débordements de cours d'eau (et pour la submersion marine).**
- **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 départementale
des territoires et de la mer
Hérault**
Bâtiment Ozone
Place Ernest Granier
CS 60556
34 064 MONTPELLIER CEDEX



DDTM 34