

# RAPPORT

Service Eau, Risques  
et Nature

## ***Directive Inondation Bassin Rhône-Méditerranée***

Mai 2019

### ***Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Montpellier- Lunel-Mauguio-Palavas***

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

-  
**Rapport explicatif**

## Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
v1	27/04/13	création
v2	06/13	Infos partie Présentation
v3	07/13	Ajouts partie rédactionnelle DREAL Bassin, carto OS
v4	08/13	Ajout parties opérateur DDTM34 / DDTM 30
V5	04/09/13	Ajout Chap 3.2 - Submersion marine DREAL LR /SR/ B.G - Ph.D
v6	06/09/13	Relecture DREAL LR
v7	10/09/13	Modif suite échange DDTM et insertion des enjeux
v8	13/12/12	Modification suite à la phase de consultation
v9	05/2019	Mise à jour second cycle de la DI

## Affaire suivie par

<b>Delphine MATHEZ</b>
Tél. :04 34 46 62 10
Courriel : <a href="mailto:ddtm-sern-prnt@herault.gouv.fr">ddtm-sern-prnt@herault.gouv.fr</a>

## Rédacteur

DREAL RA  
DREAL LR  
DDTM 34 et DDTM 30  
DREAL OCCITANIE

## Relecteur

**Delphine MATHEZ / DDTM 34 - SERN – PRNT**

# SOMMAIRE

<b>RÉSUMÉ NON TECHNIQUE.....</b>	<b>4</b>
· Le Territoire à Risque Important d'Inondation de Montpellier-Lunel-Mauguio- Palavas.....	4
· La cartographie du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas.....	6
<b>1 - INTRODUCTION.....</b>	<b>9</b>
<b>2 - PRÉSENTATION.....</b>	<b>11</b>
2.1 - Caractérisation du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas.....	11
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.....	15
<b>3 - CARTOGRAPHIE DES SURFACES INONDABLES DU TRI.....</b>	<b>17</b>
3.1 - Débordement de cours d'eau.....	17
3.1.1 - Le Rhône.....	18
3.1.2 - Le Vidourle.....	19
3.1.3 - Le Lez.....	26
3.1.4 - La Mosson.....	37
3.1.5 - La Cadoule.....	44
3.1.6 - Le Rhône.....	53
3.2 - Submersion marine.....	53
3.3 - Carte de synthèse des surfaces inondables.....	69
<b>4 - CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION DU TRI.....</b>	<b>69</b>
4.1 - Rappel sur le caractère partiel des cartes.....	69
4.2 - Méthode de caractérisation des enjeux.....	69
4.3 - Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques.....	70
4.4 - Précision sur les sources de données des enjeux.....	75
<b>5 - ANNEXES.....</b>	<b>76</b>
Annexe I : Atlas cartographique.....	76
Annexe II : Compléments méthodologiques.....	76
Annexe III : Méthodologie cycle 2.....	76

## Résumé non technique

### • Le Territoire à Risque Important d'Inondation de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas

#### ○ Définition et objectifs généraux du TRI

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 ont fait l'objet :

- d'une **cartographie** des surfaces inondables et des risques pour les phénomènes d'inondation caractérisant le territoire ;
- de la mise en place de **stratégies locales** de gestion des risques d'inondation nécessitant 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 Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas 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 (chiffrage 1<sup>er</sup> cycle de la DI).

	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 <sup>2</sup> )	Nombre d'emplois en EAIP	Part des emplois en EAIP	Surface bâtie en EAIP (m <sup>2</sup> )
Débordements de cours d'eau	191 873	37,8%	2 484 583	87 713	38,8%	12 037 052
Submersions marines	39 989	7,9%	679 968	17 409	7,7%	3 601 048

La qualification de ce territoire en TRI a impliqué l'élaboration de plusieurs stratégies locales de gestion des risques d'inondation : les SLGRI Lez-Mosson et Etang de l'Or arrêtées le 23 juin et le 9 juin 2017 par le préfet de l'Hérault, la SLGRI du Vidourle arrêtée le 1<sup>er</sup> mars 2017 par les Préfets du Gard et de l'Hérault, et la SLGRI du Vistre arrêtée le 3 février 2017 par le préfet du Gard. Elles déclinent les objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations du PGRI 2016-2021, arrêté le 7 décembre 2015 à l'échelle d'un bassin de risque cohérent et engagent l'ensemble des pouvoirs publics concernés territorialement.

**Le périmètre du TRI et ses caractéristiques spécifiques**

Le périmètre du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas, concentrant 49 communes, s'est constitué autour du bassin de vie de l'agglomération montpelliéraine.

Celui-ci a été précisé pour tenir compte de la dangerosité des phénomènes sur certaines communes, surtout littorales (Montpellier, Lattes, Palavas-les-flots, Pérols, le Grau-du-Roi, etc.), de la forte pression démographique du territoire, notamment autour de l'agglomération montpelliéraine.

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

Le TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas concerne le département de l'Hérault (34) et du Gard (30) et compte 49 communes, soumises aux aléas de submersion marine et de débordements de cours d'eau, notamment du Lez, de la Mosson, du Vidourle, de la Cadoule et du Rhône.

Il regroupe 566 423 habitants permanents. Sa population saisonnière s'élève à 326 530 habitants, soit 57,6 % du nombre total d'habitants permanents du TRI

Ses enjeux économiques sont principalement liés à son activité touristique estivale (avec une capacité annuelle d'hébergement de plus de 100 000 personnes).

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

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

Le TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas est exposé à des submersions marines sur la partie littorale 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 TRI***

Ce TRI dispose d'un large réseau hydrographique, dont les 5 cours d'eau principaux retenus pour ce second cycle cartographique du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas : la Mosson, le Lez, le Vidourle, le Rhôny, la Cadoule et le Rhône. Ce TRI répertorie d'autres cours d'eau et canaux qui ne sont pas représentés dans ce cycle de la phase cartographique en raison d'indisponibilité de la donnée. Mais, ces cours d'eau ne sont pas à négliger.

***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 de cours d'eau du Lez, de la Mosson, du Vidourle, du Rhôny, de la Cadoule et du Rhône. Compte tenu du délai très contraint pour réaliser la phase cartographique et du manque de données complètes et homogènes sur tout le TRI, 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 Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas**

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

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

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

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

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

## o Synthèse des principaux résultats de la cartographie du TRI

La cartographie du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas se décompose en différents jeux de carte au 1/25 000<sup>e</sup> pour :

- les débordements de cours d'eau et les submersions marines
  - des cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême et moyen avec changement climatique pour le cas des submersions marines) pour les débordements de chacun des cours d'eau (le Lez, la Mosson, le Vidourle, le Rhône, la Cadoule et le Rhône) ainsi que les submersions marines. 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 scénarii pour les submersions marines et les débordements des différents cours d'eau cartographiés;
  - une carte des risques d'inondation présentant les enjeux situés dans les surfaces inondables, par type d'aléa (débordement ou submersion marine) ;
  - un tableau d'estimation des populations et des emplois exposés par commune et par scénario.

A l'échelle du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas, la cartographie des risques d'inondation fait ressortir l'estimation des populations et des emplois présentée dans le tableau ci-dessous.

### Recensement population et emploi lors du 1<sup>er</sup> cycle

Débordement des cours d'eau : Lez, Mosson, Vidourle, Rhône, et Rhône  
Submersions marines sur tout le littoral

	Population permanente				Emplois			
	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue moyenne avec changement climatique	Crue extrême	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue moyenne avec changement climatique	Crue extrême
Débordements de cours d'eau	3713	27698		48219	2464	14561		21723
Le Lez	1117	5436		22862	789	6347		11615
Le Mosson	383	485		921	95	127		99
Le Vidourle	2159	9935		10789	1412	4023		4517
Le Rhône	/	13435		13650	/	3165		3223
Le Rhône	71	71		1636	6	6		299
Submersions marines	3330	19992	30149	38968	804	4810	6606	8675

## Recensement population et emploi lors du 2nd cycle

Débordement des cours d'eau : Lez, Mosson, Vidourle, Rhône, Cadoule et Rhône

Les submersions marines n'étant pas remises à jour dans ce second cycle, les populations et emplois impactés n'ont pas été recalculés.

	Population permanente		
	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa extrême
<b>Débordement de cours d'eau</b>	<b>4 189</b>	<b>33 024</b>	<b>59388</b>

	Nbre d'emplois minimum impactés			Nbre d'emplois maximum impactés		
	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa extrême	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa extrême
<b>Débordement de cours d'eau</b>	<b>4 467</b>	<b>18 273</b>	<b>29 768</b>	<b>6 358</b>	<b>24 859</b>	<b>40 892</b>

*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 d'un prochain cycle de la directive européenne, suivant leur importance et leur impact potentiel sur le TRI.*

# 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.

Sur chaque bassin, elle se déroule en cycles successifs de 6 ans, comprenant chacun 3 étapes :

- L'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) consiste à réaliser un état des lieux des risques connus et des enjeux exposés et permet d'identifier les territoires à risque important d'inondation (TRI).
- La cartographie des risques sur chaque TRI est une étape majeure dans la connaissance de leurs spécificités.
- Le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) fixe les objectifs de la prévention des inondations dans chaque bassin , il vise la réduction des conséquences négatives des inondations sur la santé humaine, l'activité économique, l'environnement et le patrimoine culturel. À l'échelle de chacun des TRI et plus largement du bassin de gestion du risque, les stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI) déclinent à une échelle adaptée les objectifs du PGRI. L'élaboration de ces documents de planification s'appuie sur les étapes préalables.

## ***Aquis du 1<sup>er</sup> cycle de la Directive Inondation sur le bassin Rhône-Méditerranée***

Au 1<sup>er</sup> cycle, l'EPRI a été arrêtée le 21 décembre 2011 par le préfet coordonnateur de bassin Rhône-Méditerranée. Elle est composée d'une première partie de présentation du bassin, d'une deuxième partie sur les événements historiques marquants et d'une troisième partie sur les impacts potentiels des inondations futures, obtenus par croisement des enveloppes approchées d'inondation potentielles (EAIP) avec des données d'enjeux pour produire des cartes d'indicateurs. Sur la base de ce premier diagnostic global à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée 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 Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas a été retenu au regard des débordements de cours d'eau et des submersions marines considérés comme prépondérants sur le territoire. La qualification de ce territoire en TRI a impliqué l'élaboration de plusieurs stratégies locales de gestion des risques d'inondation : les SLGRI Lez-Mosson et Etang de l'Or arrêtées le 23 juin et le 9 juin 2017 par le préfet de l'Hérault, la SLGRI du Vidourle arrêtée par les Préfets du Gard et de l'Hérault le 1<sup>er</sup> février 2017, et la SLGRI du Vistre arrêtée le 3 février 2017 par le préfet du Gard. Elles déclinent les objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations du PGRI 2016-2021, arrêté le 7 décembre 2015 à l'échelle d'un bassin de risque cohérent et engageant l'ensemble des pouvoirs publics concernés territorialement.

Pour la définition de cette stratégie, le TRI constitue le périmètre de mesure des effets et éclaire les choix à faire et à partager sur les priorités. La cartographie des surfaces inondables et des risques apporte un approfondissement de la connaissance en ce sens pour 3 scénarii pour les débordements de cours d'eau et 4 scénarii pour la submersion marine :

- 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) ;
- pour la submersion marine, les événements d'occurrence moyenne avec changement climatique ;
- les événements exceptionnels (d'une période de retour de l'ordre de la millénale).

### ***Précision sur le 2ème cycle***

Tandis que le 1<sup>er</sup> de la Directive inondation se poursuit sur le bassin Rhône-Méditerranée avec la mise en œuvre du PGRI 2016-2021 et des SLGRI au travers notamment des programmes d'action de prévention des inondations (PAPI) et du plan Rhône, les travaux préparatoires au 2ème cycle sont d'ores et déjà à l'œuvre afin de respecter le calendrier de la Directive.

Conformément aux exigences nationales, afin de poursuivre la dynamique engagée et concentrer l'énergie des acteurs sur la mise en œuvre, les documents issus du 1<sup>er</sup> cycle ne sont mis à jour que si cela s'avère nécessaire pour tenir compte d'une évolution de l'état des connaissances ou d'évènements significatifs nouveaux remettant en cause leur validité.

Entre 2011 et 2017, il n'y a pas eu d'évolution majeure des données d'aléas et des données d'enjeux qui nécessiterait de refaire les EAIP et de recalculer les indicateurs. C'est pourquoi pour le 2ème cycle, il a été décidé de compléter l'EPRI de 2011 par un addendum permettant d'intégrer les évènements historiques marquants intervenus après 2011. Le 16 octobre 2018, le préfet coordonnateur de bassin a confirmé la liste des 31 TRI, sélectionnés au 1<sup>er</sup> en concertation avec les parties prenantes, pour le 2ème cycle.

L'amélioration de la cartographie des TRI pour le 2ème cycle est l'un des objectifs fixé sur le bassin Rhône-Méditerranée, conformément aux engagements pris auprès des acteurs concernés au cycle précédent. En effet, certains cours d'eau n'avaient pas pu être cartographiés dans le temps imparti tandis que sur d'autres cours d'eau, la cartographie doit être améliorée.

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

En dehors de l'objectif principal décrit plus haut, de contribution à la connaissance de l'exposition des enjeux du TRI aux inondations pour différents scénarii d'inondation, pour éclairer notamment l'élaboration puis la mise à jour des PGRI, ces cartes de surfaces inondables et de 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 le débordements de cours d'eau et les submersion marine, auxquels est ajouté un 4ème scénario moyen avec changement climatique pour la submersion marine).  
Elles représentent l'extension des inondations, les classes de hauteurs d'eau, et le cas échéant les vitesses d'écoulement. Selon les configurations et l'état des connaissances propre à chaque cours d'eau, certains cours d'eau du TRI sont cartographiés de manière séparée.
- Des cartes de synthèse des surfaces inondables des différents scénarii pour les débordements de cours d'eau et pour les submersions marines.  
Elles représentent uniquement l'extension des inondations synthétisant sur une même carte les débordements des différents cours d'eau selon les différents scénarii.
- Des cartes des risques d'inondation  
Elles représentent la superposition des cartes de synthèse avec les enjeux présents dans les surfaces inondables (bâti ; activités économiques ; installations polluantes ; établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise).
- Des tableaux d'estimation des populations et des emplois par commune et par scénario.

Le présent rapport a pour objectif de rappeler les principaux éléments de caractérisation du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas (2), d'expliquer les méthodes utilisées pour cartographier les surfaces inondables (3) et la carte des risques d'inondation (4). Ce rapport est accompagné d'un atlas cartographique qui présente le jeu des différents types de carte au 1/25 000<sup>e</sup>. Les données ne sont pas utilisables à une échelle inférieure au 1/25 000<sup>ème</sup>.

## **2 - Présentation**

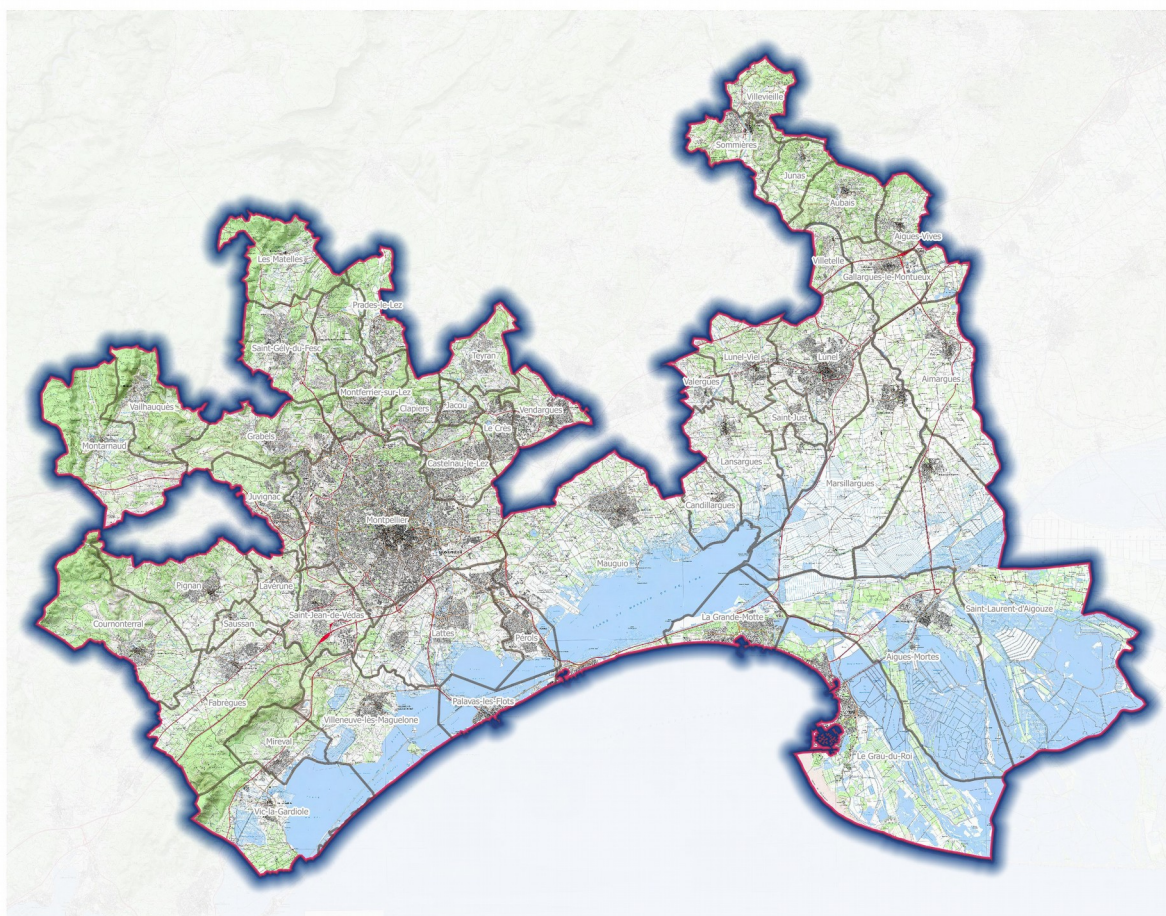
Dans le département de l'Hérault, les précipitations annuelles sont pour l'essentiel comprises entre 600 et 1400 mm sur le Parc Naturel Régional du Haut Languedoc. Le climat océanique domine en altitude tandis que l'influence méditerranéenne se fait sentir sur le littoral. Le contexte hydrogéomorphologique 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, l'Etang de l'Or.

### **2.1 - Caractérisation du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas**

Le TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas compte 49 communes exposées aux débordements de cours d'eau et submersions marines (voir carte suivante).

## Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI) de Montpellier Lunel Mauguio Palavas

■ Périimètre du TRI  
□ Limite communale



Source : IGN BDTopo 2017 ; SCAN25 - Réalisation Pôle SIG DREAL ARA 25 avril 2019

Le TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas regroupe 566 423 habitants permanents. Sa population saisonnière s'élève à 326 530 habitants, soit 57,6 % du nombre total d'habitants permanents du TRI.

Ainsi, il fait l'objet d'une forte affluence touristique estivale (capacité annuelle d'hébergement de plus de 100 000 personnes). Pour les secteurs situés en zone inondable, des événements importants peuvent survenir durant la période touristique.

Commune	Code INSEE	Commune	Code INSEE	Commune	Code INSEE
Aigues-Mortes	30003	Lavérune	34134	Saint-Gély-du-Fesc	34255
Aigues-Vives	30004	Le Crès	34090	Saint-Jean-de-Védas	34270
Aimargues	30006	Le Grau-du-Roi	30133	Saint-Just	34272
Aubais	30019	Les Matelles	34153	Saint-Laurent-d'Aigouze	30276
Cardillargues	34050	Lunel	34145	Saint-Nazaire-de-Pézan	34280
Castelnaud-le-Lez	34057	Lunel-Viel	34146	Saussan	34295
Clapiers	34077	Marsillargues	34151	Sommières	30321
Coumonterral	34088	Mauguio	34154	Teyran	34309
Fabrigues	34095	Mireval	34159	Vailhauquès	34320
Gallargues-le-Montueux	30123	Montarnaud	34163	Valergues	34321
Grabels	34116	Montferrier-sur-Lez	34169	Vendargues	34327
Jacou	34120	Montpellier	34172	Vic-la-Gardiole	34333
Junas	30136	Palavas-les-Flots	34192	Villeneuve-lès-Maguelone	34337
Juvignac	34123	Pérols	34198	Villetelle	34340
La Grande-Motte	34344	Pignan	34202	Villeveyrie	30352
Lansargues	34127	Prades-le-Lez	34217		
Lattes	34129	Saint-Clément-de-Rivière	34247		

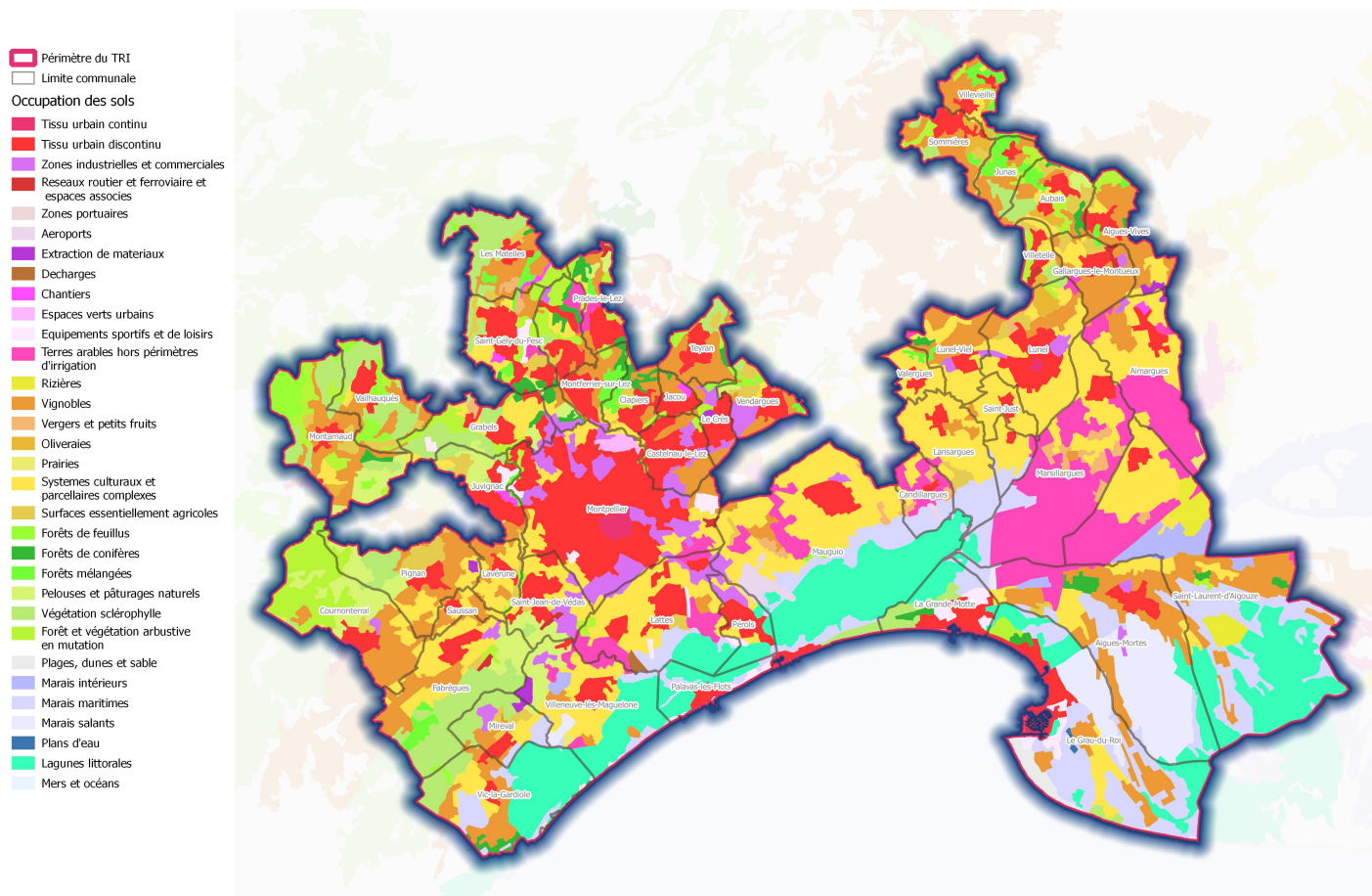
Par ailleurs, comme beaucoup de communes littorales méditerranéennes, celles du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas présentent une importante population saisonnière, y compris en arrière saison, lorsque les crues sont le plus susceptibles d'intervenir.

Concernant la densité de population en EAIP, pour le cas du débordement de cours d'eau, elle peut s'élever jusqu'à 5000 habitants/ km<sup>2</sup>, avec une majorité de 20 à 200 habitants/ km<sup>2</sup>, et une forte concentration dans l'agglomération montpelliéraine (20 à 5000 habitants/ km<sup>2</sup>) ainsi qu'autour de la ville de Lunel (pour le périmètre du TRI).

Pour la submersion marine (voir carte p.12), la densité varie de 0 à 200 habitants/ km<sup>2</sup>, avec une majorité de 20 à 200 habitants/ km<sup>2</sup>, notamment sur la partie est du littoral languedocien.

En ce qui concerne l'occupation du sol, le TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas se caractérise par une prédominance de zones urbanisées, notamment autour de l'agglomération montpelliéraine, et de terrains agricoles. Le long de sa frange littorale, se retrouvent les lagunes saumâtres et les zones humides, qui constituent des écosystèmes de haute valeur écologique et patrimoniale protégés.

## Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI) de Montpellier Lunel Mauguio Palavas



Source : IGN BDTopo 2017 ; CGDD/SDES Corine Land Cover 2012 - Réalisation Pôle SIG DREAL ARA 25 avril 2019

## 2.2 - Les mesures de prévention contre le risque inondation

En termes de prévention du risque inondation, 4 PAPI en cours concernant ce secteur : le PAPI 2 Lez-Mosson-Etangs palavasiens labellisé en juillet 2015, le PAPI 2 Vidourle labellisé en juillet 2012, le PAPI 2 d'intention Vistre labellisé en octobre 2016 et le PAPI 2 de l'étang de l'Or labellisé en juillet 2018. Ce TRI bénéficie par ailleurs d'une bonne couverture en PPRi approuvés.

## 2.3 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie

Les phénomènes d'inondation identifiés comme prépondérants sur le TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas concernent les submersions marines et débordements du Vistre, du Lez, du Vidourle, de la Mosson et de la Cadoule. En ce qui concerne le secteur des communes de Saint-Laurent-d'Aigouze, Aigues-Mortes et le Grau-du-Roi, il est soumis à la quadruple influence du Vistre, du Rhône, du Vidourle et de la mer.

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 : les crues de septembre 2002 et 2003 (Vidourle), les tempêtes de

novembre 1982 et de décembre 1997. La crue de septembre 2002 a fortement touché la partie est de la poche d'enjeu que représente le bassin de vie montpelliérain.

Ce dernier, de par son fort développement démographique et sa forte pression urbaine, constitue de réels enjeux de sécurité publique, notamment en aval de Montpellier (Lez-Mosson) et Lunel (Vidourle) jusqu'au littoral lagunaire.

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 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.

Les cours d'eau retenus qui ont été cartographiés pour le 1<sup>er</sup> cycle de la DI, pour les 3 scénarios (faible, moyen et extrême), sont les principaux cours d'eau concernant ce TRI, à savoir: le Lez, la Mosson, le Vidourle, le Rhône et le Rhône. La Cadoule est cartographiée dans ce second cycle (voir carte page suivante).

Les autres cours d'eau seront cartographiés dans un prochain cycle de la DI. En effet les données hydrauliques disponibles ne couvrent pas les 3 occurrences de crue ou ne couvrent pas l'étendue d'un cours d'eau et ne sont donc pas homogènes sur tout le territoire. De nouvelles études hydrauliques seront nécessaires pour permettre une cartographie plus complète des cours d'eau secondaires dans un prochain cycle de la DI.

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 des cartes de risques de la directive inondation, lors du 1<sup>er</sup> cycle, l'association des parties prenantes 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 Occitanie 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 termes 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 l'Etat, 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-Côtières-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-Côtières-Ouest :

- les communes des TRI ;
- les intercommunalités ;
- les porteurs de SCOT ;
- les syndicats de bassin-versant ;
- les Commissions Locales de l'Eau (CLE) ;
- les EPTB ;
- les services départementaux d'incendies et de secours (SDIS) ;
- les conseils régionaux ;
- les conseils généraux ;
- les chambres de commerces et d'industries (CCI) ;
- les chambres d'agriculture ;
- les établissements publics concernés ;
- les représentants d'associations de riverains ou de protection de la nature ;

- le CTB ;
- les représentants des assureurs.

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.

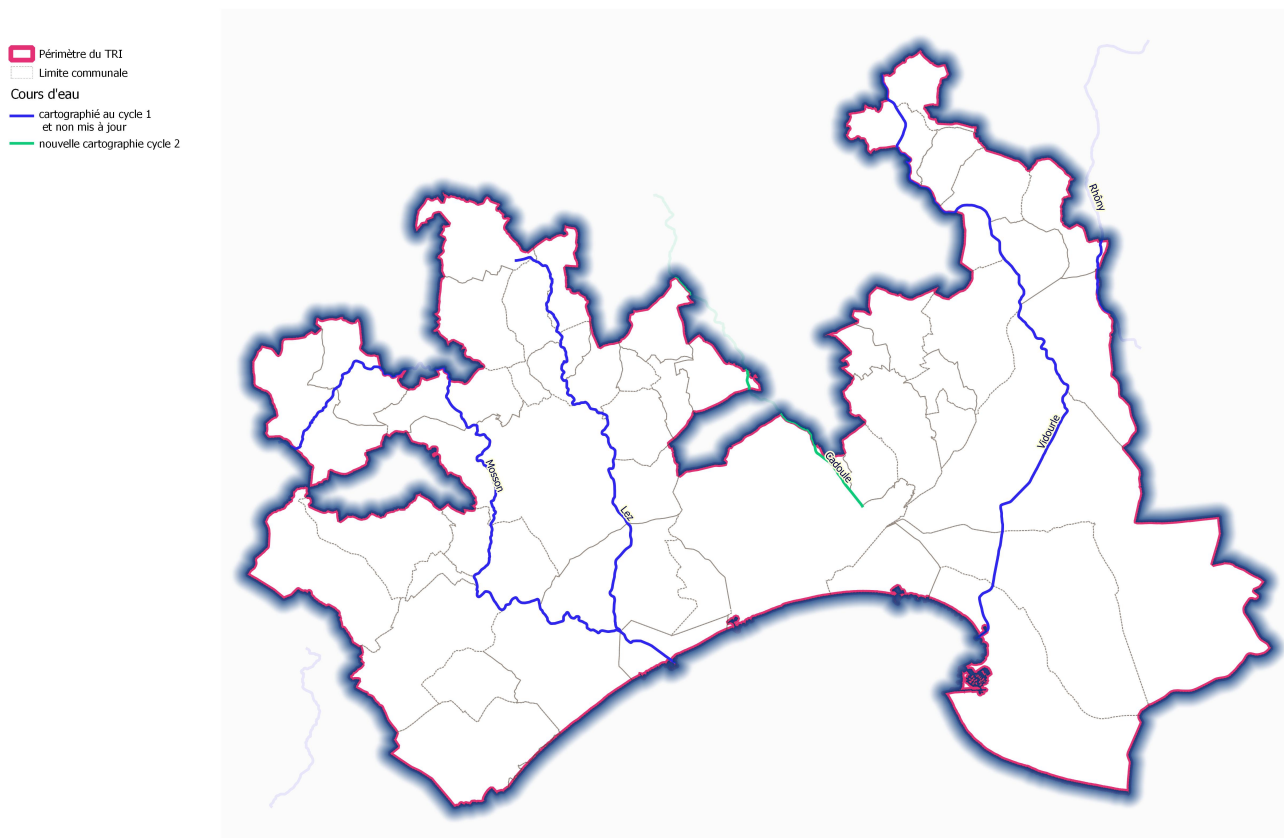
Au terme de ces consultations, les cartes des TRI ont été arrêtées par l'autorité administrative le 20 décembre 2013.

Pour le 2ème cycle, les parties prenantes des TRI de Montpellier sont consultées par courrier et invitées à s'exprimer sur les nouvelles cartographies sur les mois de juin et juillet 2019.

### 3 - Cartographie des surfaces inondables du TRI

#### 3.1 - Débordement de cours d'eau

Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI) de Montpellier Lunel Maugio Palavas



Source : IGN BDTopo 2017 ; SCAN25 - Réalisation Pôle SIG DREAL ARA 25 avril 2019

### 3.1.1 - Le Rhône

#### Principales caractéristiques des phénomènes

Le Rhône, de 25 km de long, est un des affluents du fleuve côtier le Vistre. Il est délimité au nord par les reliefs des garrigues et au sud par sa confluence avec le Vistre. Dans le seul département du Gard (30), il traverse onze communes, dans le sens amont vers aval : Langlade (source), Clarensac, Saint-Dionisy, Calvisson, Nages-et-Solorgues, Boissières, Vergèze, Codognan, Aigues-Vives, Aimargues, Le Cailar (confluence, à 24 m d'altitude) ; 4 communes concernent le périmètre du TRI de Nîmes (Clarensac, Vergèze, Codognan, et Le Cailar). Une partie du Rhône empiète sur le périmètre du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas.

Le réseau hydrographique du bassin versant du Rhône (89 km<sup>2</sup>) est relativement dense : le Rhône est irrigué par de nombreux ruisseaux appelés également « vallats », variant de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres.

Ses crues peuvent être aussi soudaines que dangereuses après les orages d'automne. Une station de mesure, pour la vigilance des crues, est basée au Cailar (au lieu-dit Pont du Sanglier), situé dans le TRI de Nîmes, commune fortement exposée aux inondations.

Les principales crues recensées du Rhône à Codognan ont eu lieu en 1845, 1933, 1945, 1958, 1963, 1976, 1987 et 1988. Cette dernière est la plus importante et marquante pour la population nîmoise.

#### Ouvrages pris en compte

Sur 47 ouvrages recensés pour la phase cartographique du TRI de Nîmes, 11 se situent sur le Rhône, un des principaux affluents du Vistre. Ils protègent la commune du Cailar, d'amont en aval, sur 3,6 km environ.

#### Cas particulier du Rhône sur le TRI de Montpellier

Le découpage des TRI de Montpellier et de Nîmes sur le secteur gardois étant localisé au droit du Rhône (limite communale Aimargues / Le Cailar), une partie des débordements rive droite de ce cours d'eau sont représentés sur les cartographies du TRI de Montpellier.

Pour rappel, les scénarii retenus pour la modélisation du Vistre, à l'aval du pont de Vestric et Candiac, et du Rhône sont issus de l'étude hydraulique et de restauration du Vistre sur la commune du Cailar (SAFEGE - 2010). Ces scénarii prennent en compte la concomitance des crues du Vistre et du Rhône. Ces deux cours d'eau sont présentés conjointement.

Les études employées pour réaliser la cartographie des zones inondables du Vistre et du Rhône à l'aval du pont de Vestric sont au nombre de trois :

- l'étude hydraulique et de restauration du Vistre sur la commune du Cailar (SAFEGE - 2010) basée sur l'étude de Villetelle La Mer (SAFEGE - 2004);
- l'étude Triangle d'eau (BCEOM - 2000), uniquement pour la crue historique de 1988 sur le Rhône, à l'amont de la modélisation SAFEGE;
- la modélisation CARTINO du Vistre Aval (CETE - 2013), pour le Rhône à l'amont de la modélisation SAFEGE et pour le scénario extrême, à l'aval de la modélisation SAFEGE.

**Informations** : Les méthodes mobilisées et les scénarios retenus pour la cartographie ne sont pas repris dans ce rapport. Afin de prendre connaissance de l'ensemble des hypothèses retenues pour les trois événements pris en compte, il convient de parcourir le rapport d'accompagnement des cartographies du TRI de Nîmes.

### 3.1.2 - Le Vidourle

#### Principales caractéristiques des phénomènes

Le Vidourle est un fleuve côtier méditerranéen de 85 km de long, qui prend sa source dans le département du Gard au sein du massif de la Fage, au sud des Cévennes à environ 500 mètres d'altitude. Sur le littoral, il a deux débouchés en mer : l'un par le chenal maritime du Grau-du-Roi et l'autre au travers de l'étang de Ponant. Il est limitrophe des départements de l'Hérault et du Gard sur 27 km dans la plaine littorale : 80% de son bassin hydrographique s'étendent sur le département du Gard. Son bassin versant couvre une surface de 800 km<sup>2</sup> et concerne plus de 95 communes pour 145 000 habitants. C'est un cours d'eau à caractère torrentiel jusqu'à St-Hippolyte du Fort du fait des fortes pentes, il disparaît pour s'écouler en souterrain dans les terrains karstiques et réapparaît à la résurgence de Sauve ; il reçoit ensuite de nombreux affluents avant de déboucher, à l'aval de Gallargues-Le-Montueux, dans une plaine alluviale où il est encadré par des digues élevées et végétalisées, provoquant une configuration de lit en toit.

Le canal du Rhône à Sète sert d'exutoire aux eaux du Vistre, avec deux évacuations possibles : une vers les portes du Vidourle, l'autre vers le chenal maritime du Grau-du-Roi. Cependant, les crues du Vidourle entraînent la fermeture des portes du Vidourle, empêchant l'évacuation des crues du Vistre lors des crues concomitantes des deux cours d'eau.

Le Vidourle est l'un des fleuves de la région dont l'importance et la violence des crues sont connues depuis toujours, au point de leur attribuer le nom de « Vidourlades ». La vulnérabilité particulière de Sommières depuis au moins le XV<sup>ème</sup> siècle a fortement contribué à rendre les Vidourlades célèbres. Les crues les plus sévères interviennent entre les mois de septembre et décembre, secondairement en hiver. Leur soudaineté et leur ampleur entraînent des inondations dévastatrices malgré le dispositif d'annonce des crues.

La liste des grandes crues du Vidourle depuis 1700 :

- 1er-3 octobre 1723
- 18-19 novembre 1745
- 6 octobre 1812
- 10-11 septembre 1857
- 17 septembre 1858
- 20-22 septembre 1890
- 26-28 septembre 1907
- 26-27 septembre 1933
- 30 septembre- 4 octobre 1958
- 8-9 septembre 2002
- automne 2014 (Plusieurs épisodes hydrométéorologiques notables se sont succédés sur l'arc méditerranéen causant des décès et des dégâts considérables).

Les 8 et 9 septembre 2002 sont marqués par un phénomène pluvieux de type cévenol sans précédent : à certains points, des trombes d'eau atteignent 600 mm/m<sup>2</sup>. L'ampleur de l'événement s'explique par la succession de deux vagues de précipitations intenses qui ont affecté de façon transversale l'aval puis l'amont du bassin versant. La crue du Vidourle a duré au total, plus de 50 heures, elle est considérée comme la crue de référence pour ce cours d'eau.

Ainsi, les communes les plus exposées aux Vidourlades sont les suivantes : Sommières (moyenne vallée), Sauve, Quissac, St Hippolyte du Fort, Villetelle, Gallargues le Montueux, Lunel, Marsillargues, Aimargues, St Laurent d'Aigouze et Le Cailar (basse vallée).

### **Ouvrages pris en compte**

Suite à la crue catastrophique de 1958, un programme de travaux de protection a été étudié pour diminuer l'impact des crues sur les trois principales zones à enjeux du bassin amont : Quissac, Sauve et Sommières. Trois grands barrages écrêteurs de crues ont été aménagés dans le but de retenir une partie de l'eau en amont du bassin versant pour limiter les débordements le long du cours d'eau :

- le barrage de Ceyrac (achevé en 1968), sur le Rieu Massel (affluent du Vidourle),
- le barrage de la Rouvière (achevé en 1971), sur le Criulon (affluent du Vidourle),
- le barrage de Conqueyrac (achevé en 1982), sur le Vidourle.

Situés à 20 km en amont du périmètre du TRI, ces 3 barrages contrôlant une superficie de 220 km<sup>2</sup> ne sont pas visibles sur l'atlas du TRI.

De plus, 28 ouvrages de protection ont été recensés à l'échelle du TRI, 18 ont été répertoriés pour le Vidourle, totalisant un linéaire d'environ 21 km.

### **Études et méthodes mobilisées**

Différentes études ont été mobilisées pour la cartographie des zones inondables dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive inondation.

Deux secteurs distincts ont été modélisés :

- Le Vidourle en amont A9
- Le Vidourle en aval de l'A9

#### ***Vidourle en amont de l'A9***

#### **Événement fréquent, moyen et extrême :**

La modélisation a été effectuée avec l'outil CARTINO PC développé par le CETE Méditerranée avec l'appui du CETMEF.

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

CARTINO PC est un outil pour réaliser des modélisations 1D simplifiées qui permet d'élaborer des cartographies de surfaces inondables à partir de données hydrologiques (issues de la BDD Shyreg) et de données topographiques (Modèle Numérique de Terrain). Cet outil est plus particulièrement adapté pour la caractérisation des surfaces inondables d'un événement extrême, mais peut également être utilisé pour les événements fréquents et moyens, accompagné alors d'une expertise hydraulique plus forte.

Détails des hypothèses utilisées par le CETE :

Nom station	Cours d'eau	Origine des données	Quantiles						
			Q10	Q20	Q30	Q50	Q100	Q300	Q1000
Sommières	Le Vidourle	PPRI (2006)					2663		
Sommières	Le Vidourle	SHYREG (2013)	980		1400		1945	2558	3272
Sommières	Le Vidourle	Banque Hydro	1100	1400					
Gallargues	Le Vidourle	PPRI (2004)	431				<b>2330</b>		
Gallargues	Le Vidourle	SHYREG (2013)	1075		1537		2139	2818	3610
Marsillargues	Le Vidourle	PPRI (2004)					879		
Marsillargues	Le Vidourle	SHYREG (2013)	1076		1539		<b>2142</b>	2823	3617
Marsillargues	Le Vidourle	Banque Hydro	830	980		1200			

Les données hydrologiques disponibles sont la base de données Shyreg, les données de stations banque hydro, ainsi que les études PPRI.

A Gallargues, **le débit centennal de l'étude PPRI est de 2330 m<sup>3</sup>/s**. La base shyreg la plus proche est la **Q100 avec 2142 m<sup>3</sup>/s**, soit un débit pseudo-spécifique de 10,5 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. Le Q10 shyreg est proche du Q10 banque hydro.

### **Cartographie des surfaces inondables**

#### Cartographie de l'événement fréquent

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

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

Tableau des débits injectés dans le modèle:

Nom station	Cours d'eau	Données	Valeur
Sommières	VIDOURLLE	SHYREG (2013) Q10	<b>980 m<sup>3</sup>/s</b>
Gallargues	VIDOURLLE	SHYREG (2013) Q10	<b>1075 m<sup>3</sup>/s</b>

#### Description du scénario retenu

Le choix des débits retenus représentatifs pour le bassin versant du Vidourle en amont de l'autoroute A9 pour le scénario fréquent sont les débits d'occurrence décennale répertoriés dans la base de données SHYREG sur les différentes stations citées ci-avant, soit 1075 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire.

#### Incertitudes et limites

La modélisation 1D sans prise en compte du fond du lit entraîne une surestimation des niveaux d'eau et des débordements. La cartographie est donc peu pertinente pour ce type d'événement.

### Mode de représentation retenu pour la cartographie

Les résultats hydrauliques issus des modélisations sont, au droit de chaque profil en travers, la cote de la ligne d'eau en m NGF obtenue pour le débit simulé correspondant.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie du TRI est :

- 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;

Une vectorisation, un lissage des petites surfaces (100m<sup>2</sup>) et une simplification de géométrie sont ensuite effectuées pour un rendu au 1/25000ème.

### Cartographie de l'événement moyen

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

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

Tableau des débits injectés dans le modèle:

Nom station	Cours d'eau	Données	Valeur
Sommières	VIDOURLE	SHYREG (2013) Q100	<b>1945 m<sup>3</sup>/s</b>
Gallargues	VIDOURLE	SHYREG (2013) Q100	<b>2139 m<sup>3</sup>/s</b>

### Description du scénario retenu

Le choix des débits retenus représentatifs pour le bassin versant du Vidourle en amont de l'autoroute A9 pour le scénario moyen sont les débits d'occurrence centennale répertoriés dans la base de données SHYREG sur les différentes stations citées ci-avant, soit 2139 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire.

### Incertitudes et limites

Dans l'ensemble, la modélisation de l'événement moyen est proche de l'enveloppe PPRI.

### Mode de représentation retenu pour la cartographie

Les résultats hydrauliques issus des modélisations sont, au droit de chaque profil en travers, la cote de la ligne d'eau en m NGF obtenue pour le débit simulé correspondant.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie pour le TRI est :

- 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;

Une vectorisation, un lissage des petites surfaces (100m<sup>2</sup>) et une simplification de géométrie sont ensuite effectuées pour un rendu au 1/25000ème.

## Cartographie de l'événement extrême

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

Tableau des débits injectés dans le modèle:

Nom station	Cours d'eau	Données	Valeur
Sommières	VIDOURLE	SHYREG (2013) Q1000	<b>3272 m<sup>3</sup>/s</b>
Gallargues	VIDOURLE	SHYREG (2013) Q1000	<b>3610 m<sup>3</sup>/s</b>

## Description du scénario retenu

Le choix des débits retenus représentatifs pour le bassin versant du Vidourle en amont de l'autoroute A9 pour le scénario extrême sont les débits d'occurrence millénale répertoriés dans la base de données SHYREG sur les différentes stations citées ci-avant, soit 3610 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire.

Le MNT utilisé est un LIDAR au pas de 1m, rééchantillonné au pas de 5m, provenant de la base RGEALTI de l'IGN (décembre 2012).

L'autoroute A9 à Gallargues est l'ouvrage principal faisant obstacle à l'écoulement.

Le modèle 1D construit à l'aide de CARTINO est caractérisé par 62 profils en travers, sur un linéaire de 15,5km. Le coefficient de Strickler utilisé est de 20, sans distinction entre le lit mineur et le lit majeur.

La modélisation 1D construit à l'aide de CARTINO semble pertinente. Dans l'ensemble, l'emprise de la zone inondable proche de l'enveloppe HGM.

## Incertitudes et limites

Au-delà des incertitudes décrites dans la note CARTINO, les ouvrages hydrauliques n'étant pas pris en compte, les niveaux d'eau peuvent sembler surestimés, ce qui permet dans une certaine mesure de prendre en compte les risques importants d'embâcles, en particulier pour une crue extrême. De plus, la description du remblai de l'autoroute à la condition aval du modèle est tronquée par manque de données topographique, conduisant à une surestimation du remous causé par l'autoroute.

## Mode de représentation retenu pour la cartographie

Les résultats hydrauliques issus des modélisations sont, au droit de chaque profil en travers, la cote de la ligne d'eau en m NGF obtenue pour le débit simulé correspondant.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie pour le TRI est :

- 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;

Une vectorisation, un lissage des petites surfaces (100m<sup>2</sup>) et une simplification de géométrie sont ensuite effectuées pour un rendu au 1/25000ème.

### *Vidourle en aval de l'A9*

#### Événement fréquent, moyen et extrême :

L'étude a été réalisée par EGIS EAU (juin 2013) pour le compte du Syndicat du Vidourle dans le cadre de l'élaboration des cartes des surfaces inondables de la Directive inondation.

La modélisation correspond au périmètre d'inondation des crues du Vidourle (RD et RG) en aval de l'autoroute A9 avec les aménagements prévus dans la basse vallée.

Le modèle hydraulique utilisé est celui qui a été mis en œuvre pour le Syndicat du Vidourle dans le cadre de la modélisation des aménagements de la basse vallée (étude Villetelle la Mer – SAFEGE - 2004).

Ce modèle à casiers prend en compte la zone inondable en rive droite et gauche du Vidourle en aval de l'autoroute jusqu'à la mer. L'emprise et le découpage du modèle à casiers sont donnés page suivante.

Le modèle de l'état initial (avant travaux des digues du Vidourle) a été calé sur la crue de septembre 2002. Un modèle a ensuite été construit pour représenter les aménagements de confortement des digues du Vidourle, ainsi que les projets des 5 digues de second rang (Lunel, Marsillargues, Gallargues, Aimargues et Le Cailar).

Un nouveau modèle est construit dans le cadre de la présente étude pour prendre en compte les aménagements de confortement des digues du Vidourle (comprenant les zones déversantes existantes et le projet de déversoir de Marsillargues en rive droite en aval de la RN113), **mais les digues de second rang ne sont pas intégrées dans la modélisation.**

#### *5 scénarios de crue du Vidourle ont été modélisés :*

- Crue exceptionnelle débit 3000 m<sup>3</sup>/s à l'A9
- Crue de Septembre 2002, débit 2400 m<sup>3</sup>/s à l'A9
- Crue 10 ans (1er débordement en Rive Gauche), débit 1022 m<sup>3</sup>/s à l'A9
- Crue 20 ans (1er débordement en Rive droite aval de la RN113 avec projet de déversoir de Marsillargues), débit 1200 m<sup>3</sup>/s l'A9
- Crue 50 ans (1er débordement en rive droite en amont de la RN113 sur le déversoir de Lunel), débit 1750 m<sup>3</sup>/s l'A9

Le niveau aval en mer, ainsi que les débits cours d'eau arrivant dans les zones inondables du Vidourle (Rhôny, Vistre), pris en compte dans les simulations sont les mêmes que pour la crue de septembre 2002 (niveau en mer : 0.6 m NGF, débit du Rhône 10 m<sup>3</sup>/s, débit du Vistre : 40 m<sup>3</sup>/s)

### **Cartographie des surfaces inondables**

#### Cartographie de l'événement fréquent

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

Tableau des débits injectés dans le modèle:

Scénario	Observations	Point d'injection	Débits	Valeur
Fréquent A	1er débordement rive gauche	Autoroute A9	Q10	<b>1022 m<sup>3</sup>/s</b>
Fréquent B	1er débordement rive droite	Autoroute A9	Q50	<b>1730 m<sup>3</sup>/s</b>

Description du scénario retenu

Deux scénarios ont été retenus pour cartographier l'événement fréquent.

Le choix des débits retenus représentatifs pour le bassin versant du Vidourle en aval de l'autoroute A9 pour le scénario fréquent sont les débits d'occurrence décennale qui correspondent aux premiers débordements en rive gauche du Vidourle et les débits d'occurrence cinquantennale qui correspondent aux premiers débordements en rive droite du Vidourle. Soit **1022 m<sup>3</sup>/s pour Q10 et 1730 m<sup>3</sup>/s pour Q50**.

Mode de représentation retenu pour la cartographie

Les classes suivantes des hauteurs de submersion sont issues de la modélisation :

- de 0 à 4 m avec un pas de 0,5 m;
- supérieure à 4 m.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie pour le TRI est :

- 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;

**Cartographie de l'événement moyen**

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

Tableau du débit injecté dans le modèle:

Scénario	Point d'injection	Débits	Valeur
Moyen	Autoroute A9	Q2002	<b>2370 m<sup>3</sup>/s</b>

Description du scénario retenu

Le choix du débit retenu représentatif pour le bassin versant du Vidourle en aval de l'autoroute A9 pour le scénario moyen est le débit de la crue de 2002, soit **2370 m<sup>3</sup>/s**.

Mode de représentation retenu pour la cartographie

Les classes suivantes des hauteurs de submersion sont issues de la modélisation :

- de 0 à 4 m avec un pas de 0,5 m;
- supérieure à 4 m.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie pour le TRI est :

- 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;

### Cartographie de l'événement extrême

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

Tableau du débit injecté dans le modèle:

Scénario	Point d'injection	Débits	Valeur
Extrême	Autoroute A9	Q3000	<b>3000 m<sup>3</sup>/s</b>

### Description du scénario retenu

Le choix du débit retenu représentatif pour le bassin versant du Vidourle en aval de l'autoroute A9 pour le scénario extrême est le débit **3000 m<sup>3</sup>/s**.

### Mode de représentation retenu pour la cartographie

Les classes suivantes des hauteurs de submersion sont issues de la modélisation :

- de 0 à 4 m avec un pas de 0,5 m;
- supérieure à 4 m.

Le mode de représentation retenu pour la cartographie pour le TRI est :

- 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;

## 3.1.3 - Le Lez

### ***Principales caractéristiques des phénomènes***

La source du Lez, située au nord de la commune de St Clément la Rivière, est la principale résurgence du vaste ensemble karstique sous-jacent aux Garrigues nord montpelliéraines.

Le Lez n'est pas un bassin versant ordinaire de part le rôle important joué par le karst et son influence vis à vis des crues. Les experts (cf le Rapport de synthèse de la Conférence scientifique sur l'estimation du débit centennal du Lez à Montpellier, DIREN LR et CETE, septembre 2007) s'accordent à dire que la surface d'alimentation du Lez amont ne peut se résumer a priori aux 115 km<sup>2</sup> de surface du bassin versant topographique à Lavalette, notamment pour les événements pluvieux rares (hypothèse de 380 km<sup>2</sup> d'étendue du bassin de surface et souterrain) : le karst doit donc être considéré comme un facteur aggravant des crues du Lez, variable en fonction de son état de saturation.

Légende :

— Limite de casiers

Syndicat Interdépartemental d'Aménagement du Vidouze  
Plan Vidouze - Surverse rive droite et d'igués de second rang

Découpage en casiers



A défaut d'une étude fine du fonctionnement du karst en relation avec les crues du Lez (modélisation pluie-karst-débit du bassin), l'expertise ne prend en compte l'apport du karst que de façon très simple, sous la forme d'un débit additionnel forfaitaire estimé avec beaucoup d'incertitude dans un ordre de grandeur de 100 m<sup>3</sup>/s (+ ou - 50 m<sup>3</sup>/s) d'après l'évaluation de la débitance maxi des différentes sources. Une analyse des couples averses-crues, basée sur les volumes précipités et les volumes écoulés, permettrait certainement de mieux cerner le comportement karstique du bassin. Sur ces hypothèses le débit centennal du Lez déterminé par ces experts est de 700 m<sup>3</sup>/s à Lavalette et 900 m<sup>3</sup>/s à l'aval de l'A9.

Le fleuve côtier débouche en mer sur la commune de Palavas les Flots après un parcours total de 28,5 km.

- Depuis sa source jusqu'à son entrée sur la commune de Castelnaud le Lez, le fleuve chemine dans un environnement majoritairement agricole, longé par une ripisylve étroite, continue et dense. Sa pente d'écoulement moyenne est de 3‰ pour une largeur moyenne de 10-15 m, le Lirou venant gonfler ses eaux 2 à 3 km en aval de sa source. Sur quelques tronçons la ripisylve du fleuve s'élargit sur plusieurs dizaines de mètres formant une véritable forêt-galerie (méandres de Fescau, Lavalette).
- Aux portes de Montpellier, le Lez pénètre dans un environnement totalement anthropisé et bordé d'une ripisylve très étroite. A hauteur du centre de Montpellier, l'artificialisation du fleuve devient totale : son profil est recalibré, ses berges ne sont plus couvertes que d'une végétation basse de roseaux. Sa pente d'écoulement est très faible (moins de 1‰), sa largeur est de l'ordre de 25 m.
- En aval de l'autoroute, le Lez est endigué sur ses deux berges jusqu'à la confluence Lez – Mosson. Sa largeur est d'environ 30 m au plafond pour 60 m en gueule avec des berges très végétalisées.
- En aval de la 3ème écluse, le Lez entre dans le domaine maritime (sur un linéaire de 6 km). A partir du pont des quatre canaux, jusqu'à son embouchure au grau de Palavas, le Lez est canalisé. Sur la bande lagunaire, avant d'atteindre son débouché en mer, le Lez est traversé par le canal du Rhône à Sète.

Avec une superficie de 173 km<sup>2</sup> à sa confluence avec la Mosson, le bassin versant du Lez se compose de trois entités distinctes :

- Le haut bassin du Lez jusqu'à Valflaunés comprend le réseau hydrographique du Lirou (54.7 km<sup>2</sup>) et du Terrieu (43.7 km<sup>2</sup>). Ce territoire est soumis aux orages cévenols arrêtés par le pic St Loup (658 m d'altitude) et la chaîne des montagnes de l'Hortus (350 à 500 m).
- Le bassin intermédiaire de la source du Lez à Montpellier, d'une superficie de 70 km<sup>2</sup>. Il est caractérisé par de nombreux apports de ses affluents (dont le Verdanson) et des apports diffus des communes voisines. (Dans la traversée urbaine de Montpellier, le Lez reçoit le ruisseau complètement artificialisé du Verdanson, dont les crues ont marqué la ville de Montpellier en raison de son passage à proximité du centre-ville).
- Le bassin aval de Montpellier d'une superficie très faible (quelques km<sup>2</sup>). Après l'A9, la vallée du Lez s'ouvre sur une vaste plaine littorale très évasée où le Lez et une multitude de petits chenaux sont endigués ou chenalisés, et ce jusqu'à Palavas-les-Flots où ils débouchent dans les étangs.

A l'échelle des haut et moyen bassins, la majorité du linéaire analysé est représenté par des petits cours d'eau d'amont bassin le plus souvent à sec et dépourvus de plaine alluviale bien développée. Ces cours d'eau drainent des formations karstiques qui jouent un rôle de tampon entre les précipitations et les écoulements, jusqu'à leur remplissage complet. Ces effets de seuil se retrouvent dans la physionomie de la plaine alluviale. On observe sur les principaux cours d'eau (Lirou, Terrieu, Lez) des lits mineurs fortement incisés, des lits moyens très peu présents et des lits majeurs développés. Cette absence de lit moyen peut s'expliquer d'une part par l'incision importante du lit mineur, et d'autre part, par les formations karstiques omniprésentes (limitation des crues moyennes).

La vulnérabilité des communes face aux crues est globalement faible dans la partie amont du bassin versant, mais devient forte lors de la traversée des principaux villages. De même, la vulnérabilité est importante dans la partie moyenne puis aval du bassin versant lors de la traversée de Montferrier, Castelnaud-le-Lez puis Montpellier. Pour ces communes, si le Lez est le cours d'eau principal, des débordements peuvent être causés de façon dommageable par ses affluents ainsi que par du ruissellement pluvial.

Pour le bassin aval, la dynamique fluviale du Lez se traduit par l'étalement progressif des débordements sur une vaste zone plane où se combinent zones humides, étangs, canaux d'irrigation mais également zones urbaines. Dans ce secteur, on assiste à l'imbrication de trois lits majeurs du Lez, de son affluent la Mosson, et de la Lironde. Celle-ci, située en rive gauche du Lez, a fait l'objet de nombreux aménagements (transparence Lez-Lironde en amont de l'A9, dérivation contrôlée des eaux du Lez vers la Lironde recalibrée et chenalisée en aval de l'A9) destinés à améliorer l'inondabilité de la basse vallée, avant de se jeter dans l'étang du Méjean.

Cette zone inondable du Lez est soumise, sur sa partie terminale, à l'aléa submersion marine. La combinaison des phénomènes qui se produit en cas de grosses dépressions sur le bassin méditerranéen peut engendrer à la fois de fortes précipitations mais également des surcotes marines liées aux tempêtes et/ou aux phénomènes dépressionnaires à proprement parler.

Ainsi les fortes précipitations peuvent générer des crues débordantes et l'augmentation du niveau marin peut faire obstacle aux écoulements du fleuve. Cette configuration provoque un phénomène de barrage réduisant les écoulements en mer, ce qui favorise l'étalement des eaux depuis l'aval vers l'amont. Ces facteurs permettent de justifier une telle emprise de la zone inondable dans la partie aval du bassin versant du Lez.

Le bassin versant du Lez concentre environ 50% de surfaces inondables classées en aléa fort. Les  $\frac{3}{4}$  des surfaces inondables du bassin sont situés sur les territoires de Montpellier, Lattes et Palavas.

Une difficulté est rencontrée pour l'évaluation des périodes de retour des crues du Lez, faute d'enregistrement d'une crue historique qui fasse référence. Néanmoins, depuis un siècle, six grandes crues ont été observées sur le Lez : en 1862, 1875, 1891, 1907, 1933 et 1976, toutes en septembre, octobre ou novembre. La crue de 1976 est une crue du haut bassin générée par des précipitations orageuses limitées dans le temps et l'espace.

Les dernières crues les plus marquantes du Lez sont 1891, 1907, 1933, 1955, 1963, 1976. :

- Il ne subsiste que peu d'informations sur les deux plus fortes crues de 1891 et 1933.
- La crue du 11 septembre 1963 a été à l'origine de travaux de recalibrage et de rectification du Lez sur quelques centaines de mètres en amont du pont Juvénal et de la création du déversoir de crue aval vers l'étang du Méjean.
- La crue du 24 septembre 1976, la plus forte crue récente, a concerné le bassin versant amont du Lez, son épicentre étant situé sur les Matelles (plus de 300 mm en cumul). Elle a provoqué une inondation très importante sur Montpellier et causé 13 millions de dégâts. C'est suite à cette inondation que plusieurs études ont été lancées sur le Lez et qui ont notamment conduit dans les années 80, à la réalisation d'un important programme de recalibrage, de rectification et d'endiguement du lit du Lez sur les communes de Montpellier et de Lattes. Le déversoir du Gramenet (déversoir amont) vers l'étang du Méjean a été réalisé à cette occasion.

Le Lez a connu des crues plus récentes, notamment celles de 2002 et 2003, dont les périodes de retour ont été évaluées entre 20 et 50 ans :

- 10-12 décembre 2002, il tombe environ 200 mm pendant 72h sur le bassin du Lez (période de retour d 20 ans);
- Septembre 2003 : les forts cumuls de pluie se produisent après la sévère canicule estivale, absorbés sans produire le même niveau d'écoulement (94-140 m<sup>3</sup>/s° que les pluies de décembre 2002 et décembre 2003 (412 et 508 m/s)
- Automne 2014 : plusieurs épisodes hydrométéorologiques notables se sont succédés sur l'arc méditerranéen causant des décès et des dégâts considérables. Le Lez atteint la côte de 5 m le 29 septembre et on relève 260 mm en 6h sur Prades-le-Lez le 6 octobre.

### Ouvrages pris en compte

Seul le système de protection de la basse vallée du Lez (digues protégeant Lattes), réalisé dans le cadre du PAPI 1 Lez, a été pris en compte dans les études.

En revanche, aucun ouvrage n'a été représenté sur les cartes.

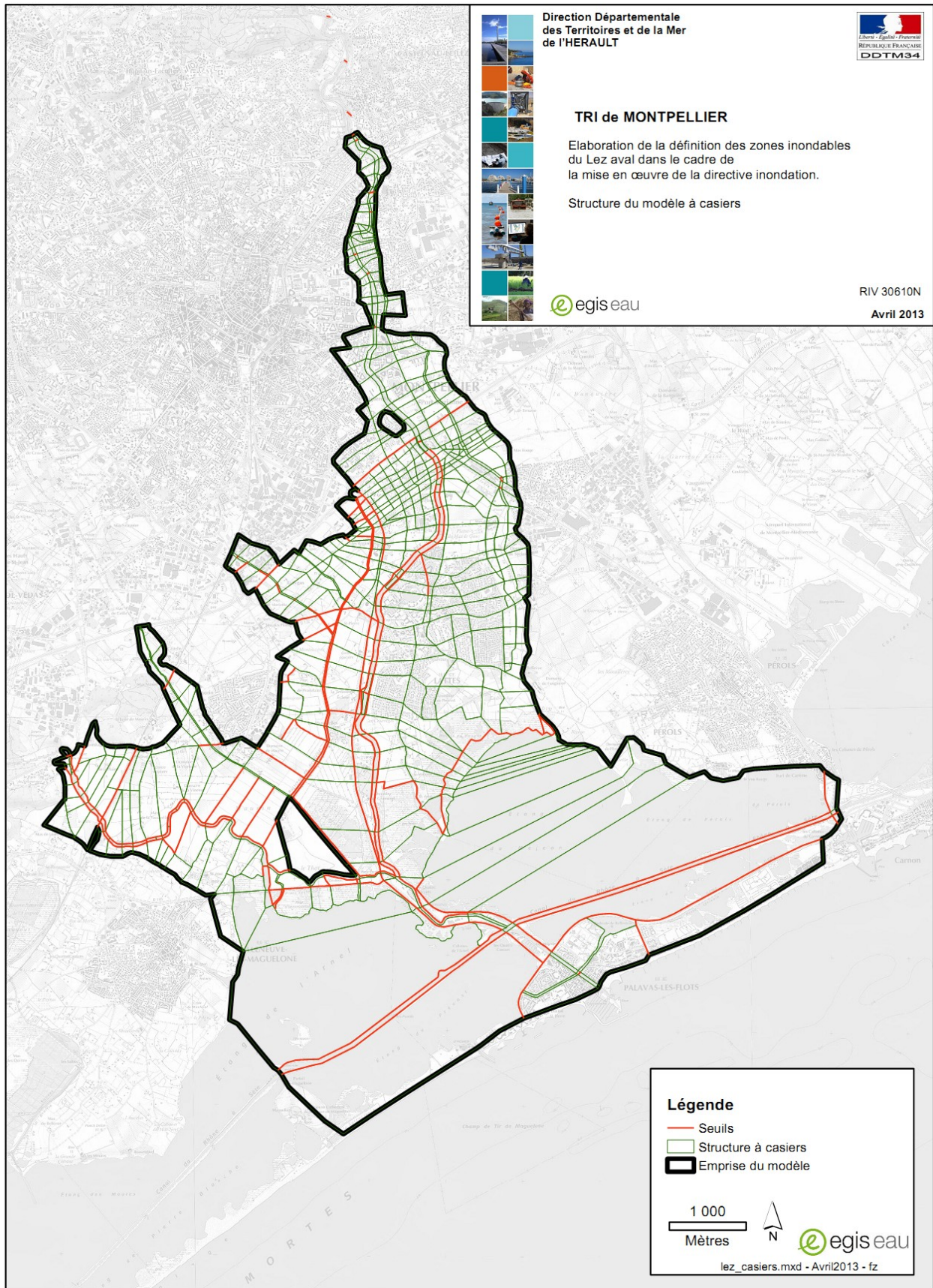
#### Pour le Lez amont :

Dans le modèle du Lez amont (modèle 1D), les infrastructures routières transversales sont prises en compte avec l'effet des ouvrages de franchissement ; elles ne sont donc pas rendues transparentes. En revanche, les digues longitudinales sont considérées comme transparentes dans la mesure où les niveaux d'eau s'égalisent de part et d'autre.

Ainsi les hauteurs d'eau n'ont pas été extrapolées de part et d'autre des ouvrages afin de les rendre transparents aux écoulements, mais plutôt calculées dans un axe d'inondation commun lit mineur/lit majeur (modèle filaire), ce qui représente correctement la réalité, sachant que les digues-berges du lez (amont de Montpellier) sont discontinues, contournées et souvent submergées par les crues.

#### Pour le Lez aval :

La cartographie a été élaborée à partir d'un modèle à casiers. Les digues du Lez n'ont pas été considérées comme transparentes quel que soit le scénario envisagé. Le schéma suivant explicite la structure du modèle du Lez aval :



## Études et méthodes mobilisées

### **Analyse hydrologique**

La pluie journalière décennale sur le bassin versant est proche de 150 mm et la pluie journalière centennale estimée par une approche régionale est de l'ordre de 300 mm. Sur ce bassin versant, 3 stations hydrométriques sont en fonction mais seule celle de La Valette à Montferrier, dispose d'une série assez longue (33 années de données) pour effectuer des statistiques.

Les résultats des débits moyens sur 5, 10 50 et 100 ans établis après traitement des données issues de cette station sont les suivants:  $Q_5 = 218 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{10} = 333 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{50} = 596 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{100} = 707 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### L'évaluation des débits de crue du Lez

L'évolution de la détermination des débits de crue centennial du Lez dans le temps:

- De 1965 à 1978, des estimations du débit de crue centennial du Lez à Montpellier varient de 400 à  $1040 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- En 1980, le débit de crue centennial de  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  est pris en compte pour réaliser les travaux de recalibrage et d'endiguement du Lez entre Montpellier et Palavas. Ce débit est conservé jusqu'en 1989, dans diverses études comme débit centennial du Lez à Montpellier en aval du Verdanson.
- En 1988 dans le cadre de l'élaboration du Plan d'Exposition aux Risques, une expertise menée par le CETE Méditerranée décide de retenir comme débit de référence du Lez, la valeur de  $755 \text{ m}^3/\text{s}$  à l'aval de la confluence Lez-Lironde (au pont Juvénal). En 2004 l'expertise hydrologique réalisée par le CEMAGREF pour le contournement de Nîmes et Montpellier, confirme la valeur du débit de référence du PPRI de  $755 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- En 2006/2007 suite au rapport d'expertise « Conférence scientifique sur l'estimation du débit centennial du Lez à Montpellier » des projets d'action de prévention des inondations sur le bassin du Lez, réalisé à la demande de l'Inspection Générale de l'Environnement, le débit de la crue centennale du Lez est réévalué et porte ce débit à  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  à la Valette et à  $900 \text{ m}^3/\text{s}$  à l'aval de la zone urbaine de Montpellier (au droit de l'autoroute A9).
- En 2006/2007 une analyse du professeur Desbordes conclut que pour les crues « rares », le débit obtenu à l'aide de la formule de Bressand – Golossov est acceptable. Le débit estimé par cette formule est de  $1\,362 \text{ m}^3/\text{s}$  au droit de l'autoroute A9.
- Des études plus récentes ont permis d'actualiser l'hydrologie de ces bassins versants (2010 BCEOM (EGIS-eau) établit l'atlas des zones inondables sur les bassins versants du Lez et de la Mosson; 2011 BRLi Etude préalable à l'élaboration des PPRI du Lez amont: modélisation hydraulique des écoulements de crue du Lez et ses affluents depuis l'amont du bassin versant jusqu'à l'autoroute A9 à Montpellier; 2012 BRLi Etude du ralentissement dynamique des crues du Lez menée par le syndicat du bassin versant du Lez.)

En conclusion les débits retenus pour les crues du Lez sont les suivants:

- Pour le Lez amont (depuis sa source jusqu'à l'av de la Justice de Castelnaud) :

A l'amont du bassin versant les débits de crues fréquente et intermédiaire sont ceux définis dans l'étude du PPRI:

$Q_{10} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ , à la confluence Lez-Lirou à Prades-le-Lez et  $Q_{10} = 377 \text{ m}^3/\text{s}$  à l'aval (av de la Justice de Castelnaud).

$Q_{100} = 650 \text{ m}^3/\text{s}$ , à la confluence et  $Q_{100} = 790 \text{ m}^3/\text{s}$  à l'aval.

La crue exceptionnelle (assimilée à la crue millénale) est estimée à  $1,8 \times$  la crue centennale.

$Q_{exc} = 1170 \text{ m}^3/\text{s}$ , à la confluence et  $Q_{exc} = 1422 \text{ m}^3/\text{s}$  à l'aval.

- Pour le Lez aval (depuis l'av de la Justice de Castelnaud jusqu'à la mer) :

Au droit de l'autoroute A9 :

$Q_{10} = 400 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 900 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{exc} = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$

Les débits de crue de la Lironde ont été déterminés à la limite des communes de Montpellier et Lattes. La modélisation de ce ruisseau en rive gauche du Lez a été réalisée du fait du fonctionnement interdépendant de ces deux cours d'eau suite aux aménagements récents réalisés sur la basse vallée du Lez.

L'essentiel des travaux de protection contre les inondations sur la basse vallée du Lez a consisté en :

- une remise à niveau des digues du Lez afin de pouvoir y faire transiter sans débordement ni risque de rupture, le débit pour lequel elles ont été conçues initialement à savoir  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- La création d'un partiteur de débit, déversoir latéral implanté en rive gauche du Lez en amont de la commune de Lattes, qui commence à fonctionner à partir d'un débit de  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- La création d'un chenal de délestage vers la Lironde implanté face au déversoir latéral qui permet de faire transiter la différence de débit entre la crue de projet ( $755 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et le débit capable du Lez ( $600 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- La chenalisation de la Lironde, chenal d'environ  $150 \text{ m}$  de large, de capacité hydraulique de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  environ, il reçoit le débit délesté du Lez augmenté du débit de la crue centennale de la Lironde ( $30 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sans débordement, débit évacué jusqu'à l'étang du Méjean.

L'hydrogramme pris en compte pour la crue centennale de la Lironde en situation actuelle d'urbanisation, résulte du schéma d'assainissement pluvial du bassin de la Lironde (Étude réalisée en 1989 pour le compte de la commune de Montpellier).

Les débits estimés de la Lironde en amont de Parc Marianne sont les suivants:

$Q_{10} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{30} = 21 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{100} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## **Cartographie des surfaces inondables**

### **Analyse et Modélisation hydraulique**

Les trois crues étudiées et cartographiées sont les suivantes :

- Crue fréquente (assimilée à une crue décennale),
- Crue intermédiaire (assimilée à la crue centennale),
- Crue exceptionnelle (assimilée à la crue millénaire, estimée à  $[1,8 \times \text{la crue centennale}]$  pour le Lez amont et à  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  pour le Lez aval) .

Pour la modélisation du Lez, la zone d'étude a été divisée en deux secteurs :

- Le Lez Amont (depuis sa source jusqu'à l'avenue de la Justice de Castelnaud), où une modélisation 1D a été réalisée.
- Le Lez aval (depuis l'avenue de la Justice de Castelnaud jusqu'à la mer), où un modèle à casiers 2D (lit majeur) a été utilisé, couplé à une modélisation 1D pour la Lironde.

Les affluents du Lez ne sont pas cartographiés mais leurs débits sont injectés dans le modèle au fur et à mesure de leur confluence.

## Le Lez amont

### Calage et reprise du modèle

Le modèle a été calé lors l'étude technique préalable au PPRi du Lez amont. (DDTM34, rapport de phase2, juin 2010)

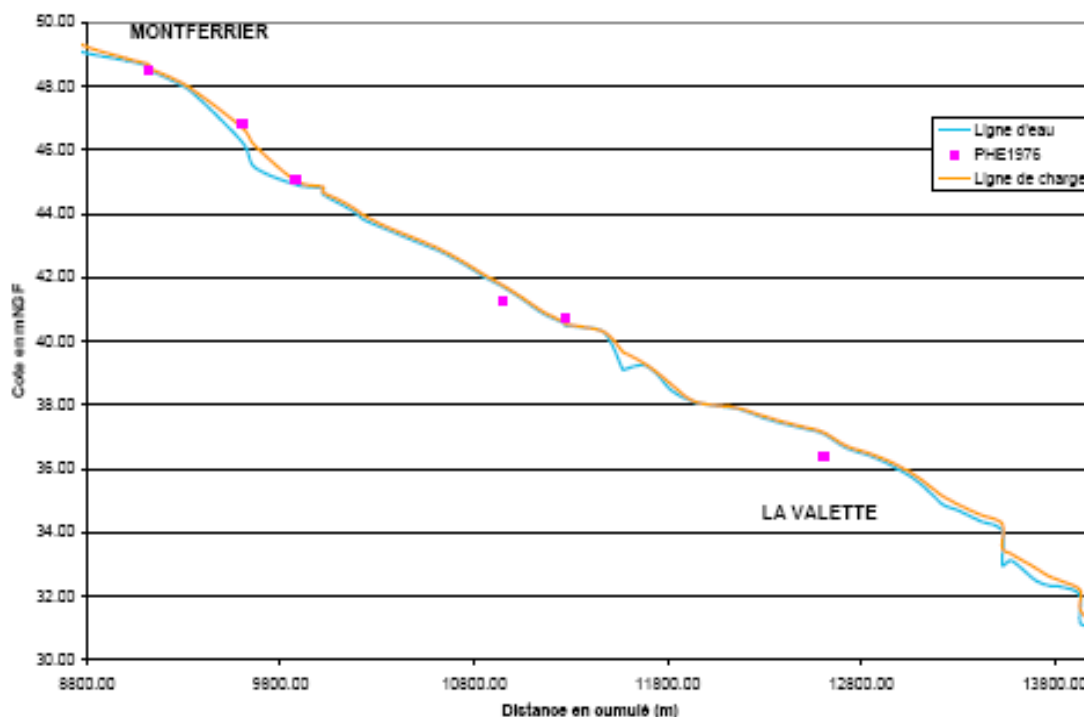
### Les laisses de crues

Les repères de Plus Hautes Eaux (PHE) concernent essentiellement les crues de 1933 et de 1976, qui sont les deux plus fortes crues connues du siècle dernier.

### Crue historique de calage

L'étude hydrologique de phase 1 du PPRi, permet de conclure que la crue de 1976 est bien d'une occurrence inférieure à 50 ans à La Valette, mais centennale à l'amont du bassin versant (la pluie de 300 mm aux Matelles étant la pluie journalière centennale).

Le graphique ci-après illustre le calage de la ligne d'eau de référence sur la crue de 1976 à l'amont de La Valette. Il montre que la ligne d'eau de la crue centennale calculée est bien calée avec les PHE de 1976. (sauf pour une PHE au niveau de Lavalette dont la cote mesurée correspondrait plutôt à une sur-inondation du au ruissellement pluvial).



Nota : La ligne de charge symbolise l'énergie du cours d'eau en tout point.

### Prise en compte des ouvrages structurants

Dans la modélisation, les digues, merlons ou remblais longitudinaux, ne sont pas considérés comme des ouvrages de protection pérennes, et sont donc pris en compte comme transparents (considérés comme non existants) vis-à-vis des écoulements.

### Modélisation

Basé sur les caractéristiques de pluie et d'occupation des sols, le modèle pluie-débit mis en œuvre a été calé sur les estimations des experts (900 m<sup>3</sup>/s au droit de l'autoroute A9) pour un « calage centennal » et sur les débits mesurés à la station de la Valette pour un « calage décennal ».

La modélisation des écoulements en crue centennale de référence, a été réalisée en régime permanent et en mode filaire (1D).

### **Topographie**

Le champ d'écoulement des crues est représenté par des profils en travers réalisés par levés terrestres dont la précision altimétrique est de l'ordre du cm.

Sur certains secteurs, des données topographiques relativement récentes et disponibles ont été réutilisées. Ailleurs, en complément des levés terrestres (extrapolation des profils et interpolation entre les profils), le modèle numérique de terrain « Gaia Mapping » a été exploité. La précision estimée sur les hauteurs d'eau est donc de l'ordre de la précision du MNT GAIA, soit inférieure à 50 cm en zone dégagée et inférieure à 1 m dans les autres secteurs.

### **Condition aval**

Le modèle hydraulique mis en œuvre sur le Lez s'arrête en limite communale sud de Montpellier, au droit de l'autoroute A9. Suite à l'analyse du fonctionnement complexe de cette zone, la condition aval du Lez retenue à l'amont de l'autoroute est de 11.68 m NGF, cote de référence calculée sur un débit centennial de 900 m<sup>3</sup>/s modélisé en mode filaire et en régime permanent.

### **Exploitation du modèle**

La crue décennale et la crue exceptionnelles ont été simulées et/ou cartographiées, la crue centennale étant directement issue du PPRI.

Pour les zones de confluence avec les affluents du Lez dans le secteur d'étude, la cartographie des hauteurs de submersion prend en compte l'apport des affluents dans les conditions de concomitance suivantes :

	scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
T Mosson	10 ans	100 ans	1000 ans
T affluents	100 ans	100 ans	100 ans

Les gammes de tranches d'eau ont été délimitées selon les classes suivantes : 0-0.5m, 0.5-1m, 1- 2m, >2m. Les lignes d'isocotes ont été interpolées entre les cotes calculées aux profils en travers, de manière à obtenir une valeur tous les 0,5 m NGF.

## **Le Lez aval**

### **Calage et reprise du modèle :**

Le modèle STREAM (2D) d'origine datant de 1988 a été actualisé à de nombreuses reprises, et récemment dans le cadre des études hydrauliques des franchissements du Lez et de la Lironde par le contournement ferroviaire de Nîmes Montpellier (étude CNM - BCEOM juillet 2007) . Il est construit depuis Prade-le-Lez jusqu'à la mer.

Les conditions aux limites du modèle qui a servi à l'élaboration des zones inondables du PPRI de la commune de Lattes ont été conservées pour le scénario 2. Pour le scénario 3 (crue exceptionnelle) les résultats de l'étude hydraulique des étangs réalisée en 2012 par EGIS sont pris en compte. Enfin pour la crue fréquente ( scénario 1), les éléments sont dans le tableau ci-après.

### **Prise en compte des ouvrages structurants :**

Les nombreux aménagements de protection contre les inondations, réalisés dans la traversée de Montpellier et dans la basse vallée, impactent le fonctionnement du Lez aval et ont été pris en considération lors de l'étude préalable à l'élaboration du PPRI de Lattes.

Les digues du Lez réalisées sur la commune de Lattes sont considérées comme résistantes pour toutes les occurrences de crues. La surverse se déroule uniquement en amont du partiteur et pour les scénarios 2 et 3. Les autres digues (Lez amont, affluents) sont considérées comme transparentes.

Les trois scénarios modélisés sont déclinés dans le tableau suivant :

	Sc 3	Sc 2	Sc 1
T Lez	1000ans (1500m <sup>3</sup> /s)	100ans (900m <sup>3</sup> /s)	10ans (400m <sup>3</sup> /s)
T affluents	100 ans	100 ans	100 ans
T tempête marine	Except.	Except.	Except.
Z niveau marin (m NGF)	2.40	<b>1,50</b>	1.30
Z étang de l'Arnel (m NGF)	<b>2,10</b>	<b>1,50</b>	<b>1,00</b>
Z étang du Prévost (m NGF)	<b>2,10</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
Z étang du Méjean (m NGF)	<b>2,10</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
Surverse Lez ( en amont du partiteur)	oui	oui	non
Digues transparentes (Lez amont affluents)	oui	oui	oui

### **Méthodologie retenue et précision**

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 (Modèle Numérique de Terrain) et les résultats de calcul du modèle.

Les champs d'inondation du Lez et de la Lironde sont représentés par une photorestitution à l'échelle du 1/2 000ème réalisée par GE INFRA en juin 2003. Ces données ont été complétées par de la topographie à l'échelle du 1/5 000ème, 1/2 000ème, et au 1/1000ème ainsi que des profils en long et en travers issus d'études récentes (CNM – BCEOM 2007; doublement de l'A9 – INGEROP 2012; travaux d'aménagement de la basse vallée du Lez - BCEOM 2005; ZAC Richter et Consuls de Mer HYDRATECH 2004)

La précision estimée sur les hauteurs d'eau est de l'ordre de la précision du MNT, soit inférieure à 50 cm en zone dégagée et inférieure à 1 m dans les autres secteurs.

Le fil d'eau a été intégré et interpolé linéairement à partir des profils en travers (levés terrestres).

### **Mode de représentation retenu pour la cartographie**

- Les classes de hauteurs retenues pour l'ensemble des scénarii sont les suivantes :  
0 à 0,5 m / 0,5 à 1 m / 1 à 2m / > 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 hauteurs d'eau maximales atteintes pour chacune des périodes de retour sont présentées à l'échelle 1 : 25 000ème.

### 3.1.4 - La Mosson

#### ***Principales caractéristiques des phénomènes***

D'une superficie d'environ 385 km<sup>2</sup>, le bassin versant de la Mosson s'étend du Nord-Ouest de Montpellier sur une longueur de 36 km pour une largeur moyenne de 13 kilomètres. Ses limites sont principalement constituées au Nord-Ouest par la vallée de l'Hérault, à l'Est par la vallée du Lez. Au Sud, le massif de la Gardiole forme une barrière que la Mosson franchit par des gorges avant de rejoindre l'étang de l'Arnel et le Lez. Elle prend naissance au nord de la commune de Montarnaud, à une altitude de 150 m environ, avant de confluer avec le Lez dans le secteur lagunaire (commune de Villeneuve-lès-Maguelone). La Mosson possède des exutoires (bras de décharge équipés de barrages anti-sel) dans l'étang de l'Arnel, permettant de limiter les débits au niveau de la commune de Palavas les Flots. Il concentre plus de 80% de surfaces inondables classées en aléa fort.

La Mosson reçoit plusieurs affluents qui sont majoritairement situés en rive droite, dont les principaux sont : Le Rieumassel, Le Lasséderon, Le Coulazou, Le Lantissargues, Le Rondelet et Le Rieucoulon.

Enfin, le régime de la Mosson est caractérisé par un débit spécifique très faible comparé aux autres cours d'eau et significatif d'un karst très actif drainant en profondeur une grande partie du ruissellement. Son niveau d'eau dans la Mosson est soumis à l'influence aval des étangs dont le niveau est lui-même conditionné par le niveau marin.

Quelques épisodes remarquables ont touché la Mosson tels que :

Date	Observations
1907	Le pont SNCF à l'aval de la RN 113 a été emporté
1909	Il reste des repères sur les thermes de Juvignac
1933	26 et 27 Septembre : crue générale sur le bassin ayant causé de nombreux dégâts. Elle correspond à la plus forte crue vécue par les personnes encore en vie.
1971	Nombreux repères de crue
1976	Nombreux repères de crue
1979	/
1982	Nombreux repères de crue
1984	Nombreux repères de crue
1987	Nombreux repères de crue
1994	Nombreux repères de crue

La crue de 1933 semble être la plus forte crue connue de ce siècle sur l'ensemble du bassin : elle a été évaluée à 400 m<sup>3</sup>/s par le CETE et a fortement endommagé le secteur à l'aval de la route nationale 113. En décembre 2003, une crue remarquable de la Mosson s'est produite, conjuguée à une crue significative du Lez.

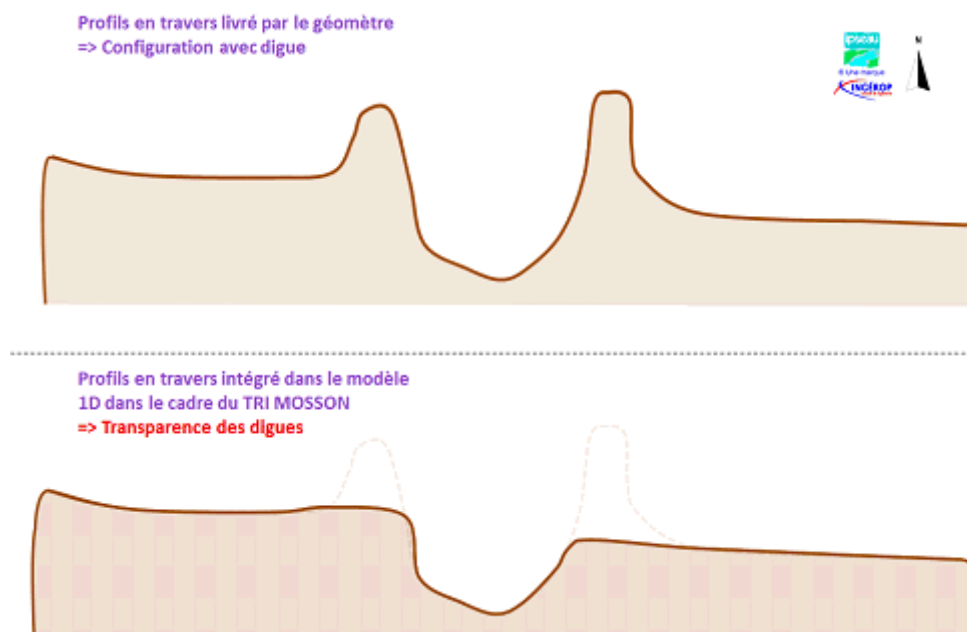
A l'automne 2014, plusieurs épisodes hydrométéorologiques notables se sont succédés sur l'arc méditerranéen causant des décès et des dégâts considérables. Le 6 octobre un épisode très localisé va toucher le secteur est de l'Hérault. La commune de Grabels est dévastée : maisons inondées, routes défoncées, etc. L'intervention des secours (évacuations, hélitreuillages, etc.) a permis d'éviter le pire.

La Mosson compte un faible nombre d'enregistrements de crues de qualité qui rend délicates les estimations. La taille du bassin versant et sa grande capacité à accepter des cumuls de pluie importants avant de ruisseler lui confère un comportement moins torrentiel que le Lez. Le temps entre le début de la séquence de pluie et la montée de l'eau dans le lit est important. Une fois la crue en phase de développement, le temps de montée est de l'ordre de 6 à 10 heures.

## **Ouvrages pris en compte**

Aucun ouvrage n'a été retenu pour la phase cartographique du TRI.

Secteur amont A9 (modèle 1D) : Les digues ont été supprimées sur les profils en travers. Le calcul de ligne d'eau s'effectue directement sans les ouvrages, soit sans les digues.



Secteur aval A9 (modèle 2D) : Les digues ont été supprimées du modèle numérique et donc du maillage topographique. Pour cela, les cotes topographiques du maillage de calcul au droit des endiguements existants ont été ramenées à des valeurs correspondant au terrain naturel.

Dans le même esprit que le modèle 1D à l'amont de l'A9, le calcul de la ligne d'eau s'effectue directement sans les ouvrages, soit sans les digues.

## **Etudes et méthodes mobilisées**

### **Analyse hydrologique**

Une modélisation pluie-débit a été réalisée sur le bassin versant de la Mosson jusqu'au pont de Villeneuve sous la RN112, juste à l'amont de la commune de Villeneuve les Maguelone.

La mise en œuvre d'une modélisation de la relation pluie-débit permet de prendre en compte les différentes réponses hydrologiques des sous bassins élémentaires (fonctions de la taille, de l'occupation des sols, de la forme...) ainsi que leur combinaison.

Dans le cas présent, les données récoltées ont permis de valider les ordres de grandeur et de mettre en place un modèle calé sur des événements pluvieux observés (oct. à déc. 1994 et déc. 2003).

Les données hydrologiques utilisées sont issues de la station de la Lauze et du système d'alerte de crues mis en place par la Ville de Montpellier.

Afin de tenir compte de l'influence importante de l'état de saturation des sols et du temps de réponse du bassin versant, 2 types de conditions initiales ont été testées (sols non saturés et sols très saturés). Le débit moyen au niveau des différents points de calcul du modèle pluie-débit a été retenu.

## ***Paramètres de calage du modèle***

### Données hydrologiques

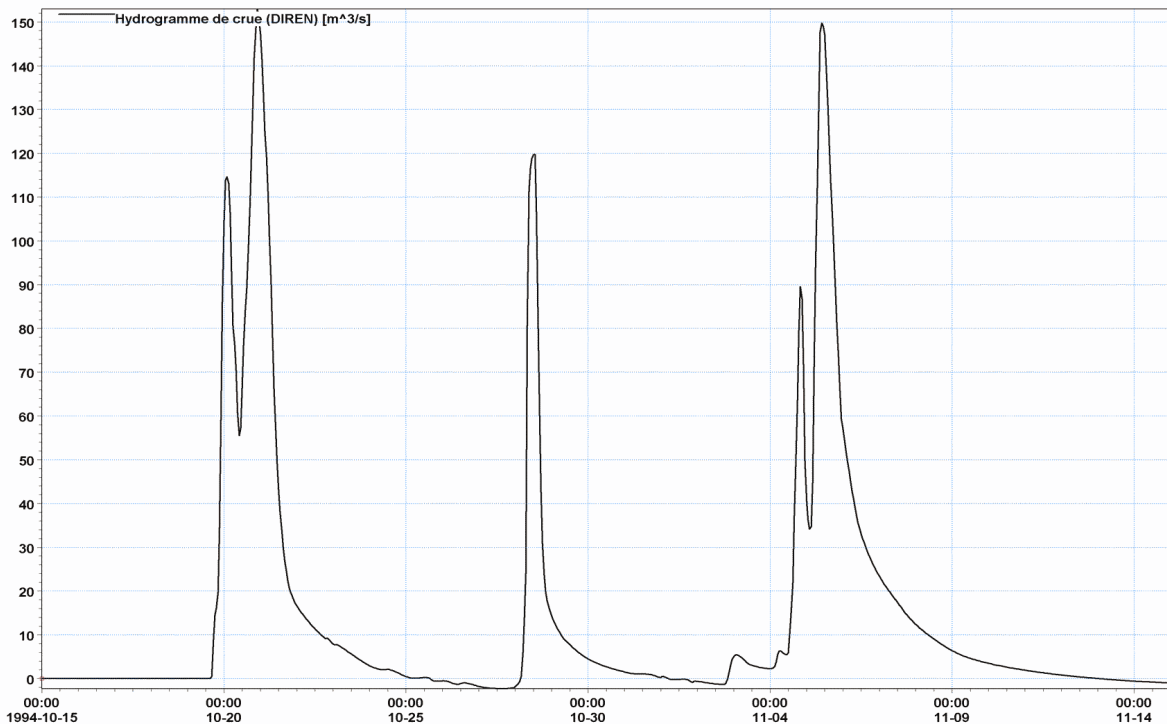
- Il n'existe qu'une seule station de suivi hydrométrique sur la Mosson, les données disponibles apportent des informations essentielles sur les épisodes de crue successifs de 1994.
- Le système d'alerte de crues mis en place par la Ville de Montpellier fournit également des informations utilisables pour le calage du modèle (temps de propagation, hauteurs à l'échelle) pour les crues de 2002 et 2003.
- Par ailleurs, l'expertise réalisée dans le cadre de la « *Conférence sur l'estimation du débit centennal du Lez à Montpellier* », apporte des éléments sur la problématique globale des bassins karstiques, problématique applicable au bassin versant de la Mosson qui présente un fonctionnement comparable à celui du Lez (interactions karst-écoulements de surface). Le rapport de la conférence fournit également des informations sur les pluies et les débits de crue de 2002, 2003.  
Enfin, la thèse réalisée par Vincent Bailly-Comte de l'Université de Montpellier 2, portant sur « *Les interactions hydrodynamiques surface/souterrain en milieu karstique* », définit pour le bassin versant du Coulazou, affluent principal de la Mosson, le fonctionnement global du système karstique en période de crue, à partir d'évènements observés et de relevés sur des stations de jaugeages situées sur le Coulazou.  
Ces travaux ont également contribué à la définition des paramètres de calage du modèle construit dans la présente étude.

Compte tenu des informations disponibles et de l'intérêt hydrologique des crues observées, le calage du modèle a été réalisé à partir des épisodes pluvieux suivants :

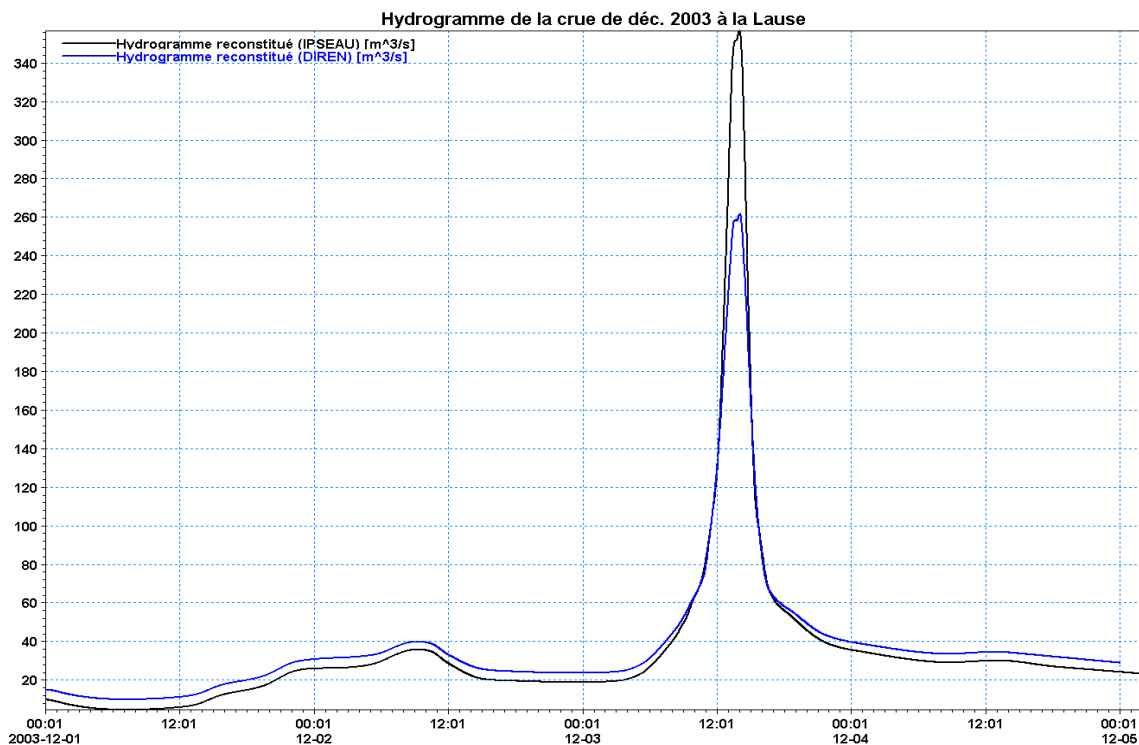
- 3 orages successifs en 1994 : (du 19 au 20 octobre 1994; du 27 au 28 octobre 1994, du 3 au 5 novembre 1994)
- Orage du 1<sup>er</sup> au 4 décembre 2003

Les hydrogrammes enregistrés à la station de la Lauze:

- L'hydrogramme de 1994 est bâti sur des hauteurs d'eau réellement mesurées au cours de la crue, qui plus est, dans la zone de validité de la courbe de tarage.(débit max de l'ordre de 150 m<sup>3</sup>/s)
- L'hydrogramme de crue de 2003 a été reconstitué à partir de la courbe de tarage recalée par BCEOM (cf « Contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier - Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'Avant Projet détaillé - La Mosson » de juillet 2007) et INGEROP et améliorée par une analyse hydraulique. (cf Etude hydraulique du bassin versant de la Mosson – 2010-2012).



- Hydrogramme de crue de 1994 à la Lauze :



Le modèle pluie-débit reproduit les phénomènes observés dans des ordres de grandeurs cohérents avec les données mesurées aux stations, mais il met en évidence des réponses très dépendantes de l'état initial du karst.

### Cartographie des surfaces inondables

## **Modélisation hydraulique**

### Les données existantes

L'étude hydraulique du bassin versant de la Mosson a été réalisée en 2010-2012, dans le cadre du PAPI2 par le bureau d'études IPSEAU/Ingérop pour le compte de la Communauté d'agglomération de Montpellier.

Cette étude comprend notamment une analyse hydrologique de l'ensemble du bassin versant, des modélisations 1D ponctuelles dans trois secteurs (Grabels, Juvignac et Laverune) et une modélisation 2D de l'ensemble de la basse plaine de la Mosson.

Une recherche bibliographique complète a été effectuée dans le cadre de cette dernière étude hydraulique et ne nécessite pas de compléments.

### **Analyse hydraulique**

Les trois crues étudiées et cartographiées sont les suivantes :

- Crue fréquente (assimilée à une crue trentennale),
- Crue intermédiaire (assimilée à la crue centennale),
- Crue exceptionnelle (assimilée à la crue millénaire, estimée à 1,8 x la crue centennale).

Pour la modélisation de la Mosson, la zone d'étude a été divisée en deux secteurs :

- La Mosson en amont de l'autoroute A9, où une modélisation 1D a été réalisée

Les trois modèles existants sur la Mosson, réalisés dans le cadre de l'étude hydraulique de 2010-2012, ont été intégrés dans un modèle 1D global de la Mosson. Les trois modèles concernent les communes de Grabels, Juvignac et Laverune. Les profils, les ouvrages et le paramétrage du modèle 1D ont été repris à l'identique. Toutefois, dans le cadre de la directive européenne, les digues du lit mineur de la Mosson ont été considérées comme inexistantes dans les modélisations hydrauliques.

- La basse plaine de la Mosson, en aval de l'autoroute A9, où un modèle couplé 1D (lit mineur)/ 2D (lit majeur) a été utilisé .

L'étude hydraulique de la basse plaine de la Mosson (INGEROP-®IPSEAU, 2010-2012) a donné lieu à la construction d'un modèle 1D/2D, repris et adapté dans le cadre de la présente étude. Ce modèle hydraulique permet de représenter finement les conditions d'écoulement en lit mineur comme en lit majeur.

Les affluents de la Mosson ne sont pas cartographiés mais leurs débits sont injectés dans le modèle au fur et à mesure de leur confluence. Seules, les données sur le ruisseau des Mages, affluent rive droite de la Mosson, étant disponibles pour toutes les occurrences requises, ont été cartographiées dans ce premier cycle de la DI.

### **La Mosson en amont de l'A9**

Le modèle 1D (unidimensionnel) du lit mineur de la Mosson fournit une ligne d'eau avec une cote constante sur toute la largeur des profils en travers. La modélisation a été réalisée sur un linéaire de 32 km. La géométrie du cours d'eau est définie par son profil en long et les différents profils en travers. Au total, le modèle est constitué d'environ 120 profils en travers (hors profils interpolés pour la précision du calcul hydraulique), soit une distance inter-profils d'environ 100 m dans les secteurs à enjeux et 400 m dans les autres secteurs. Les principales caractéristiques des 30 ouvrages hydrauliques présents sur le tronçon sont également renseignées dans le modèle.

Le calage du modèle a été réalisé à partir de:

- 4 laisses de crue datant de la crue de 2003 pour lesquelles le débit a pu être estimé,
- des lignes d'eau des modèles hydrauliques 1D réalisés sur les communes de Grabels, Juvignac et Laverune / St Jean de Vedas (étude hydraulique du bassin versant de la Mosson (INGEROP-®IPSEAU)).

Dans la présente étude, le modèle 1D de la Mosson a été construit en considérant une transparence des digues du lit mineur, ce qui explique que la ligne d'eau calculée soit plus basse que la ligne d'eau du modèle initial, construit avec les digues.

- Dans le secteur amont où l'on ne dispose d'aucune cote PHE, le modèle a été construit en conservant les mêmes paramètres (coefficients de pertes de charge et de Strickler notamment) que sur le reste du linéaire

Pour mémoire, le débit moyen estimé à la Lauze est de 460 m<sup>3</sup>/s. Les résultats montrent que la ligne d'eau modélisée est bien calée par rapport aux repères de crue de 2003.

### La Mosson en aval de l'A9

Compte tenu des enjeux de l'étude et de la complexité des phénomènes mis en jeu (nombreux axes d'écoulements en lit majeur, multiples obstacles aux écoulements...), une modélisation bidimensionnelle des écoulements a été réalisée. Le logiciel utilisé permet le couplage d'un modèle 1D (lit mineur) et d'un modèle 2D (lit majeur, basse plaine de la Mosson).

La superficie du secteur modélisé en 2D est de 1500 ha. Ce modèle est constitué de mailles carrées de 5 m x 5 m, soit un nombre total de mailles potentiellement inondables égal à 590 000. Chaque maille correspond à un point de calcul pour lequel le modèle fournit une valeur de hauteur d'eau ainsi qu'une vitesse et une direction d'écoulement à chaque instant de simulation.

Dans l'étude, une surverse du Lez au niveau de la zone de la Céreirède a été prise en considération en cohérence avec les travaux de protection contre les inondations de la basse vallée du Lez réalisées par la CAM (AP n°2007-I-1025 du 29 mai 2007).

Dans le secteur aval (basse plaine de la Mosson), les scénarios de crue modélisés et les conditions aval sont les suivants :

	scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
T Mosson	30 ans	100 ans	1000 ans
T affluents	100 ans	100 ans	100 ans
T tempête marine	Except.	Except.	Except.
Z étang de l'Arnel	1.30 NGF	1.76 NGF	2.16 NGF
Surverse Lez débit maximal	Oui 27,2 m <sup>3</sup> /s	Oui 27,2 m <sup>3</sup> /s	Oui 100,2 m <sup>3</sup> /s
Transparence des digues	oui	oui	oui

Scénarios de crue modélisés et conditions aval

Récapitulatif des débits de pointe retenus pour la Mosson et ses principaux affluents :

	scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Q <sub>Max</sub> Mosson m <sup>3</sup> /s	380	612	1101
Q <sub>Max</sub> Rieucoulon m <sup>3</sup> /s	88	88	88
Q <sub>Max</sub> Lantissargues m <sup>3</sup> /s	39.	39.	39.
Q <sub>Max</sub> Rondelet m <sup>3</sup> /s	33	33	33
Q <sub>Max</sub> Chaulet m <sup>3</sup> /s	1,6	1,6	1,6

### **La transparence des digues**

Les scénarios de transparence des digues présentes sur l'ensemble du territoire modélisé ont été pris en compte pour tous les scénarios. Pour cela, les cotes topographiques du maillage de calcul au droit des endiguements existants ont été ramenées à des valeurs correspondant au terrain naturel.

Seuls les remblais de la voie ferrée et de la RD185 ont été conservés dans le modèle, dans la mesure où il s'agit d'infrastructures majeures.

### **Le calage du modèle**

Le modèle de la Basse Vallée de la Mosson a été calé sur la crue du 3 décembre 2003, compte tenu des informations disponibles et des résultats de l'analyse hydrologique.

L'enveloppe maximale de crue prise en compte résulte de l'analyse de plusieurs crues. Elle fournit toutefois des éléments pour le calage sur la crue de 2003, crue la plus marquante sur le territoire communal de Villeneuve-lès-Maguelone.

- Débit de calage de la Mosson : les résultats du modèle hydraulique de la basse plaine et ceux du modèle hydrologique donnent une estimation du débit de pointe à la Lauze pour la crue de 2003 de 460 m<sup>3</sup>/s. (valeur supérieure aux estimations antérieures, mais cohérent avec les éléments de calage). Pour la crue de 2003, l'hydrogramme de la Mosson utilisé est donc celui calculé par le modèle hydrologique.
- Par ailleurs, le modèle a été calé sur la base des laisses de crue disponibles sur la zone d'étude pour la crue de 2003 (source : BCEOM, DDTM34, IPSEAU): pour 3/4 laisses de crue, les niveaux d'eau calculés sont très proches (quelques centimètres) des niveaux observés et les photographies aériennes récupérées dans le cadre de l'étude initiale valident le calage du modèle.

### **Méthodologie retenue et précision**

La cartographie de la surface libre maximale (niveaux d'eau en m NGF) pour chacune des périodes de retour est extraite directement du logiciel utilisé. La précision est de l'ordre de la dizaine de centimètres (précision des levés topographique du géomètre couplée à la précision du calcul).

Afin de cartographier les résultats obtenus en termes de hauteur d'eau, la méthodologie consiste à «plaquer» la surface libre maximale, résultant du calcul, sur le MNT disponible après ajustement (suppression des digues). Pour une meilleure cohérence dans la cartographie, seul le MNT GAIA couvrant toute la zone d'étude a été utilisé.

Les classes de hauteurs d'eau maximales ont donc été générées conformément au cahier des charges de l'étude, à savoir 0-0.5 m ; 0.5-1 m ; 1-2 m et hauteurs supérieures à 2 m.

A la demande de la DDTM34, les objets (ex : poches d'eau) dont la superficie est inférieure à 300 m<sup>2</sup> ont été traités séparément. Majoritairement, ces objets ont été intégrés à la classe inférieure de hauteur d'eau.

La précision estimée sur les hauteurs d'eau est donc de l'ordre de la précision du MNT GAIA, soit inférieure à 50 cm en zone dégagée et inférieure à 1 m dans les autres secteurs.

Nota : Le fil d'eau a été intégré et interpolé linéairement à partir des profils en travers (levés terrestres).

### **Mode de représentation retenu pour la cartographie**

- Les classes de hauteurs retenues pour l'ensemble des scenarii sont les suivantes : 0 à 0,5 m / 0,5 à 1 m / 1 à 2m / > 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 hauteurs d'eau maximales atteintes pour chacune des périodes de retour sont présentées à l'échelle 1 : 25 000ème.

### 3.1.5 - La Cadoule

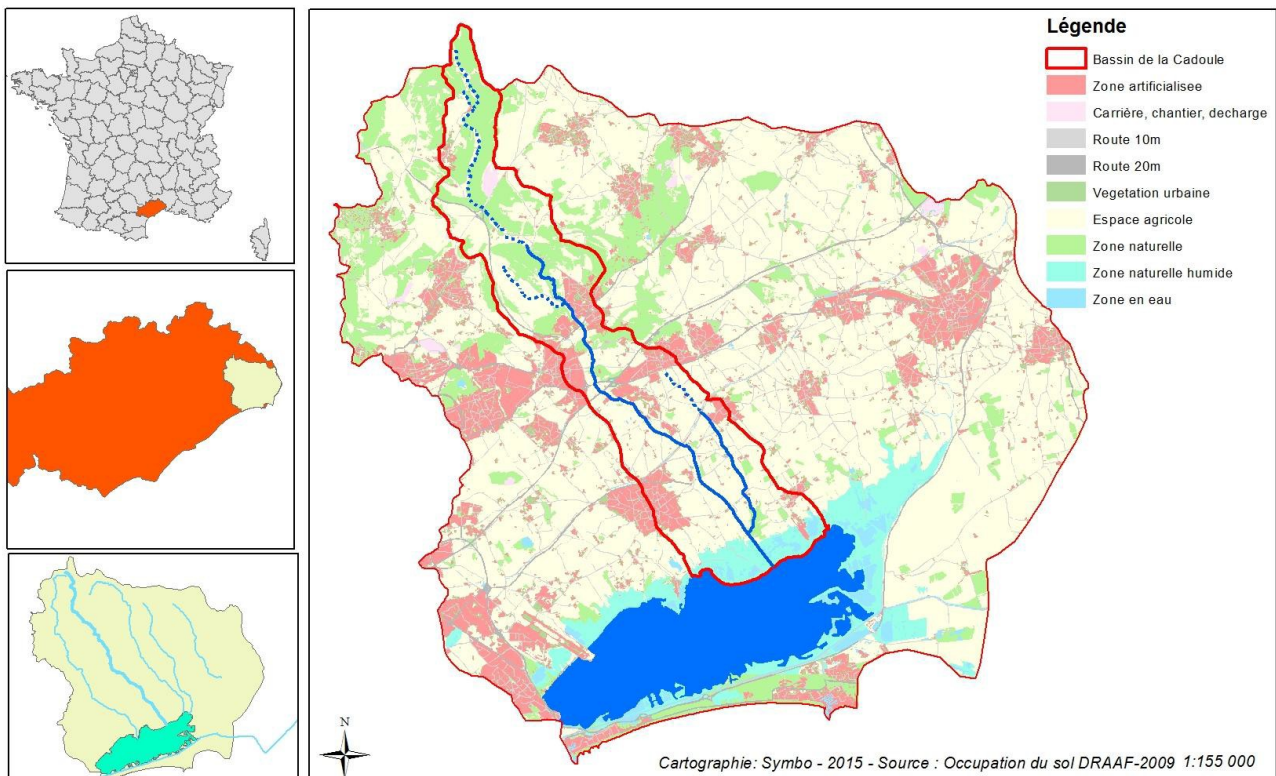
#### Principales caractéristiques des phénomènes

La Cadoule est un petit cours d'eau côtier du bassin versant de l'étang de l'Or dans la plaine languedocienne qui s'étire sur 22,7 km à l'Est de la banlieue montpelliéraine et constitue l'un des principaux émissaires de l'étang de l'Or avec le Salaison et le Bérange. Son bassin versant, d'une superficie de 39 km<sup>2</sup>, concerne du Nord au Sud les communes suivantes : Saint-Bauzille de Montmel, Montaud, Guzargues, Teyran, Castries, Vendargues, Baillargues, Saint-Aunès, Mauguio, Mudaison et Candillargues.

Entre la source (située à Guzargues) et Castries, les écoulements sont temporaires. Un soutien d'étiage localisé a lieu en aval de Castries.

Ses deux principaux affluents sont :

- La Maire en rive droite, petit ruisseau de 3 km se jetant dans la Cadoule au niveau du pont de Bannières (commune de Castries).
- L'Aigue-Vive en rive gauche, petit affluent de 7 km alimenté par la station d'épuration de Baillargues et rejoignant la Cadoule au niveau du marais de la Paluzelle.



La pente moyenne du lit de la Cadoule est de 0,75% avec une accentuation dans la partie amont (1,50%) puis

une diminution progressive le long du linéaire pour atteindre 0,40% entre l'autoroute A9 et l'étang de l'Or. Ce profil est caractéristique des rivières côtières méditerranéennes c'est-à-dire un dénivelé relativement important sur une faible distance (170 mètres sur 22,7 km).

La partie Nord du bassin versant est dominée par les zones naturelles composée de garrigue, de forêts de résineux en bosquets, et d'espaces classés boisés de superficies assez importantes sur les communes de Teyran et Castries.

L'urbanisation et les zones d'activité dominant dans la partie centrale du bassin recoupant les communes de Castries, Vendargues, Baillargues et Saint-Aunès.

La Cadoule traverse ensuite la plaine littorale de Mauguio qui draine tous les ruissellements du bassin versant et facilite l'exploitation agricole. On retrouve des cultures fruitières, maraîchères et des pâturages. Aucune zone urbaine n'est vraiment présente (sauf la partie Ouest de Mudaison) car la zone agglomérée de Mauguio est largement en dehors du bassin versant de la Cadoule.

Sur la carte dressée au 18ème siècle, l'Aigue-Vive et la Cadoule n'étaient pas connectées et se déversaient dans les marais au Nord de l'étang de l'Or. La Cadoule était méandrée. Elle a été recalibrée et endiguée en aval par le SIATEO dans les années 70 à des fins de ressuyage des terres agricoles. Ces travaux se sont déroulés sur une quinzaine d'années afin de lutter contre les inondations répétées des basses terres et empêcher la remontée d'eau saumâtre en implantant un barrage anti-sel à l'aval de la rivière. Ils ont conduit à artificialiser le cours d'eau sur sa partie aval en le recalibrant et l'endiguant.

### **Concernant les crues historiques**

Le bassin versant de la Cadoule a connu quelques événements marquants recensés par les services de l'Etat et le Symbo (EPTB du bassin de l'Or) dans le cadre du diagnostic du PAPI.

Les années de crue les plus mémorables sont 1907, 1956, 1963, 1979, 1994, 2003 et 2014.

En 1956, c'est à Castries que la crue de la Cadoule a surtout marqué les esprits : l'eau est passée au-dessus du pont des Bannières en amont de la commune et a généré des vitesses d'écoulement très importantes.

En octobre 1994, la crue de la Cadoule a occasionné des débordements localisés mais parfois notables.

En décembre 2003, les débordements ont occasionné des dégâts conséquents à la traversée de Baillargues, Saint-Aunès et Mauguio : A Mauguio, la Cadoule a débordé en rive droite en aval du canal BRL sur le tronçon non endigué, inondant une dizaine d'habitations et l'entreprise de production horticole du Cannebeth ainsi que la RD24, et les Mas Clédette et Petrus. A Baillargues, au domaine de Massane, les débordements rive gauche de la Cadoule ont principalement impacté le territoire du golf et une trentaine d'habitations en aval. Dans la ZAC de Massane, l'entreprise Profil System fut gravement sinistrée. Sur l'autre rive à Saint Aunès, la crue a submergé les locaux d'Emmaus.

Plus récemment, l'épisode méditerranéen du 29 septembre 2014 a occasionné une crue quasi centennale sur le bassin versant de la Cadoule, avec un débit de 140m<sup>3</sup>/s à Castries et près de 160 m<sup>3</sup>/s à l'autoroute A9.

Lors de cet événement, les dégâts suivants ont été constatés :

- A Castries, la crue de 2014 a été plus marquée sur la Cadoule que sur le Bérange. Une brèche s'est formée sur le Bérange à Fontmagne. La caserne des pompiers et sa route d'accès (chemin de Bannière) ont été submergés sous 1m d'eau! Plusieurs habitations furent inondées en rive gauche de la Cadoule (en aval de la caserne des pompiers et une en fond d'impasse du lotissement en amont de la RD610) ; le Mas de Malerive sur l'amont du bassin versant a été également touché.
- A Vendargues, l'Espace Cadoule a été submergé par la crue occasionnant des dégâts notables au centre équestre et sur le pont.
- A Baillargues, les débordements de la Cadoule ont principalement concerné le quartier de Massane (ZAC de Massane, le golf et plusieurs habitations en rive gauche à l'aval). Une trentaine de maisons ont été touchées. 1,70m d'eau ont été relevés sur le chemin de la poste où deux personnes se sont trouvées en grave difficulté. Les inondations ont été a priori aggravées par des embâcles constitués par de nombreux tuyaux de chantier (buses Armco temporaires du chantier ASF en amont) qui ont fait

obstruction aux écoulements dans les ouvrages. En amont de la voie ferrée, l'entreprise Profils System située dans la ZAC de la Massane a subi à nouveau de gros dégâts (plus de 4 millions d'euros de perte) et a été impactée par combinaison des débordements du ruisseau de St Antoine, de la Cadoule et par dysfonctionnement du réseau pluvial. Il a été relevé un niveau de 1 m environ à côté du bâtiment logistique, et entre 68 et 88 cm dans l'enceinte de l'entreprise.

- A Saint-Aunès, les locaux d'Emmaus ont à nouveau été touchés.
- A Mudaison, une brèche a été observée sur le secteur de la Zone d'Activités du Bosc, endommageant le réseau pluvial de la ZAC.
- A Mauguio, en aval du pont du chemin de service du canal BRL et comme en 2003, la Cadoule a à nouveau débordé en rive droite sur le tronçon non endigué, inondant le secteur du Cannebeth et coupant la RD24. 90 cm d'eau ont été relevés au bas du chemin de Cannebeth. En aval de la RD24, une brèche en rive gauche est survenue inondant des vergers.

La Cadoule, du fait de sa proximité des installations urbaines à la traversée de certaines communes, peut engendrer en cas de crue des dommages importants, comme cela a été le cas par le passé.

A Castries, la Cadoule déborde au droit des enjeux suivants :

- la caserne de pompiers en amont du pont des Bannières,
- quelques maisons en rive gauche en amont du passage à gué de la rue de la Bourguine et le passage à gué submergé très rapidement,
- quelques maisons en rive droite en amont de la RD610,
- la route RD 610 inondée pour une crue de débit 130 m<sup>3</sup>/s, supérieur à 50 ans.

C'est à la traversée du quartier Massane à Baillargues que se situent les enjeux économiques les plus exposés aux crues de la Cadoule. Situés à proximité directe du cours d'eau dans son champ d'expansion, l'entreprise Profil Système et une trentaine d'habitations sont soumises à un risque important par débordement du cours d'eau. Les inondations de ce secteur sont aggravées par le remblai ferroviaire et la digue du golf en aval immédiat qui créent une surcote de 1.5m en amont des remblais. La digue du golf empêche l'évacuation des eaux de l'ouvrage de décharge rive droite sous la voie ferrée.

Un programme de travaux a été engagé par la Métropole de Montpellier pour protéger l'activité économique de Profil System.

Pour les crues plus fréquentes, c'est la commune de Mauguio qui est la plus impactée, elle concentre ¾ des dommages du bassin versant de la Cadoule, liés notamment aux inondations du secteur du Cannebeth (habitat diffus et entreprise horticole).

A Vendargues, Saint-Aunès et Mudaison, le bâti reste peu concerné par les débordements de la Cadoule. Un entretien de fond de la végétation est cependant programmé afin de prévenir tout risque d'embâcle.

Les 2 communes de Baillargues et Mauguio abritent à elles seules 70 à 90 % des dommages du bassin versant de la Cadoule.

### **Ouvrages pris en compte**

Toutes les digues actuelles existantes ont été intégrées à la modélisation hydraulique. Il ne s'agit pas d'ouvrages de protection classés (selon le décret de 2007) mais de digues de faible hauteur pour la plupart jouant globalement un rôle de protection pour les crues fréquentes à moyennes.

À noter que les infrastructures récentes de nouvelle Ligne Grande Vitesse LGV, le doublement de l'A9 et la déviation de Castries traversent le bassin versant de la Cadoule. Ces aménagements ont impliqué la construction de remblais en lit majeur et d'ouvrages de franchissement du cours d'eau.

Ainsi dans la modélisation hydraulique, toutes les infrastructures routières ou ferroviaires transversales sont prises en compte avec l'effet des ouvrages de franchissement ; elles ne sont donc pas rendues transparentes. De même, les digues longitudinales de la Cadoule n'ont pas été considérées comme transparentes par défaut mais prises en compte dans la modélisation quel que soit le scénario envisagé. Pour le scénario de crue rare et exceptionnel, leur rôle hydraulique s'avère parfois réduit dans la mesure où les niveaux d'eau s'égalisent de part et d'autre de ces ouvrages rapidement contournés.

En revanche, aucun ouvrage n'a été représenté sur les cartes.

Certaines de ces digues de faible hauteur (inférieures à 1.5m) non classées ont un rôle majeur et protègent des enjeux économiques ou bâtis importants et ont vocation à être intégrées dans le futur système d'endiguement de la Cadoule :

- la digue rive gauche de la Cadoule à Baillargues protège la zone d'activité de Massane qui présente d'importants enjeux économiques (2 activités économiques dont Profil system, 310 emplois). Propriété de Montpellier Méditerranée Métropole, cet ouvrage de protection a fait l'objet de travaux récents de sécurisation. Les études de régularisation du système d'endiguement ont été engagées par le maître d'ouvrage.

- la digue rive droite de la Cadoule à Mauguio, en aval du canal BRL, de faible hauteur protège néanmoins le secteur du Cannebeth (une dizaine d'habitations + 3 activités économiques). Propriété actuelle du SIATEO, elle fera l'objet d'un transfert au Pays de l'Or Agglomération dans le cadre de la définition du système d'endiguement et de travaux de sécurisation programmés dans le PAPI, la digue restant submersible pour des crues fréquentes (>10 ans).

Il n'existe aucun ouvrage dit « Grenelle » considéré comme des obstacles à la continuité écologique du cours d'eau sur la Cadoule.

La Cadoule est équipée dans sa partie aval d'un barrage anti-sel construit dans les années 60 et rénové en 2014.

### **Études et méthodes mobilisées**

Les données hydrologiques et hydrauliques utilisées proviennent de l'étude hydraulique globale du bassin versant de l'étang de l'Or – rapport de phase 2 – juin 2016 réalisée par EGIS EAU en 2016 pour le compte du Syndicat Mixte du Bassin de l'Or dans le cadre du PAPI Or.

### **Analyse hydrologique :**

La pluviométrie sur le bassin de la Cadoule est influencée par la présence des montagnes Cévenoles au Nord du département, pouvant occasionner des pluies de très forte intensité, généralement durant la période septembre/octobre, au cours d'épisodes dits cévenols. La hauteur de pluie décennale journalière est ainsi estimée environ à 150 mm à la station Montpellier Bel-Air. La hauteur de pluie centennale journalière est de 260 mm. Le mois d'octobre est le plus pluvieux, c'est souvent à cette période que surviennent des crues sur la Cadoule. Les données pluviométriques de la station de Montpellier-Mauguio attestent de cette prépondérance des pluies automnales. Le cumul sur 24 h de l'épisode pluvieux intense du 29 septembre 2014 a atteint 300mm.

L'étude hydraulique du bassin versant de l'Or a permis la mise en œuvre d'une modélisation hydrologique à l'échelle globale du bassin versant de l'étang de l'Or (410km<sup>2</sup>) à l'aide du module hydrologique du logiciel IN-FOWORKS RS qui a permis la détermination des hydrogrammes de crues à chaque sous bassin versant.

L'intérêt de la suite logicielle INFOWORKS est qu'elle permet de coupler avec un même outil la modélisation hydrologique et hydraulique.

Les modélisations hydrologiques ont été réalisées pour les scénarios de pluies suivants : 5, 10, 30, 50 et 100 ans, ainsi que pour les deux épisodes de calage du 3 décembre 2003 (plus fort que septembre 2003 en termes de réponse sur le territoire) et du 29 et 30 septembre 2014 (épisode récent le plus important). Le scénario de crue exceptionnelle est pris à 1.8 fois le débit de la crue 100 ans.

La modélisation s'est appuyée sur la définition des pluies de projet et des caractéristiques des bassins versants selon le découpage représenté sur la carte suivante.

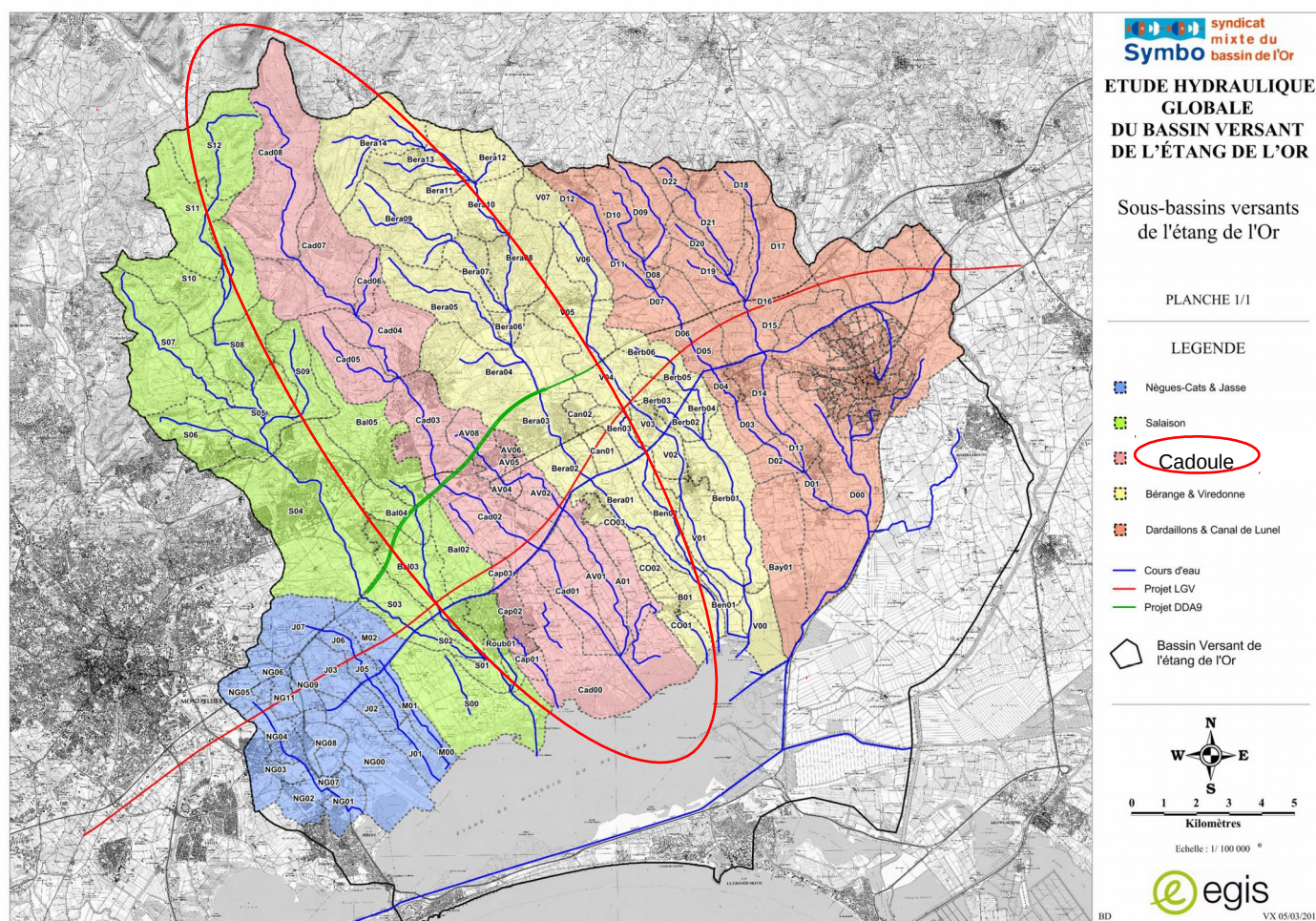


Tableau des débits de la Cadoule pour les différents scénarios :

Cours d'eau	Position	BV (km <sup>2</sup> )	Débit de pointe 100 ans	Débit de pointe 50 ans	Débit de pointe 30 ans	Débit de pointe 10 ans	Débit de pointe 5 ans	Débit de pointe 29 sept 2014
<b>Cadoule</b>	Castries	22,6	152	121	99	62	40	141
	Baillargues A9	26,5	165	137	113	72	54	157
	Mauguio BRL	31,8	147	143	119	75	58	

D'après les débits calculés, la crue de 2014 serait légèrement inférieure à l'occurrence 100 ans pour la Cadoule.

### Diagnostic hydraulique :

Le diagnostic mené dans le cadre de l'étude hydraulique globale du bassin versant de l'Or conduit aux enseignements suivants :

- **Secteur Cadoule (St Aunès et Baillargues)**

La Cadoule commence à déborder sur le secteur de la ZAC St Antoine entre la RN113 et la DDA9, à partir d'une crue de 80 m<sup>3</sup>/s (occurrence d'environ 20 ans), sans toucher de bâtiments.

#### Inondation de la Cadoule à la ZAC St Antoine



Rapport de phase 2 – Diagnostic des désordres – Etude hydraulique globale du bassin versant de l'Or, Egis eau /juin 2016 - Symbo

Entre la DDA9, et la voie ferrée, la Cadoule commence à déborder en rive droite vers Emmaus, à partir d'un débit de 110 m<sup>3</sup>/s (occurrence 30 ans) par l'ouvrage rive gauche de la DDA9, les bâtis sont inondés pour un débit de 150 m<sup>3</sup>/s (entre 50 et 100 ans).

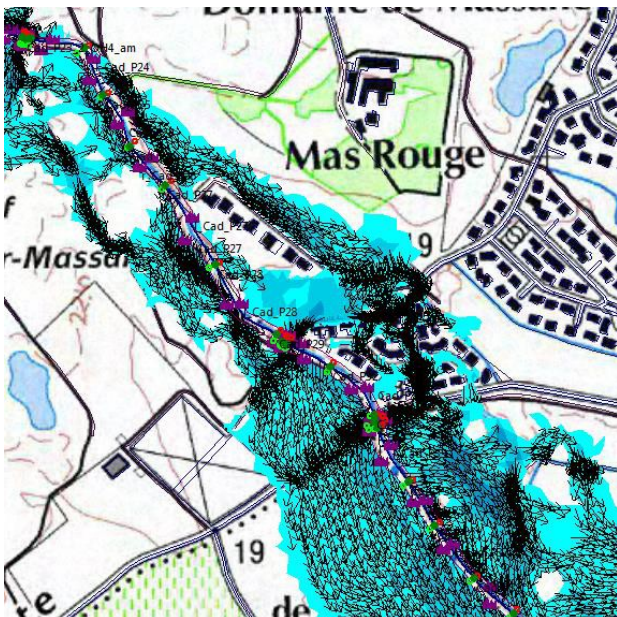
En rive gauche, elle déborde dans l'usine de Profil System pour une crue de 150m<sup>3</sup>/s par les points bas de la digue situés sur la partie aval.

Les inondations de ce secteur sont aggravées par le remblai ferroviaire et la digue du golf en aval immédiat qui créent une surcote de 1.5m en amont des remblais. La digue du golf empêche l'évacuation des eaux de l'ouvrage de décharge rive droite sous la voie ferrée.

En aval de la voie ferrée, au droit du quartier Massanne, la capacité du lit mineur est d'environ 80m<sup>3</sup>/s et les premières maisons sont touchées pour Q=130m<sup>3</sup>/s (environ 50 ans), le passage à gué chemin de la Poste

est inondé très rapidement pour environ 20 m<sup>3</sup>/s (2 ans). Les inondations de ce secteur sont dues à des surverses sur les points bas des berges surtout en amont.

#### Inondation du quartier Massane à Baillargues



Rapport de phase 2 – Diagnostic des désordres – Etude hydraulique globale du bassin versant de l'Or, Egis eau /juin 2016 – Symbo

- **Secteur Cadoule (Mauguio et Mudaison)**

Le remblai du canal BRL entraîne des surcotes en amont impactant très légèrement la ZAC du Bosc à Mudaison.

Des entrées d'eau dans le canal sont possibles en rive gauche à partir d'un débit de 125 m<sup>3</sup>/s environ, et en rive droite de 140 m<sup>3</sup>/s (environ 50 ans).

En aval du canal BRL, des débordements se produisent en rive droite au point bas de la berge non endiguée à partir de 50 m<sup>3</sup>/s.

Ces débordements localisés dans un secteur où la digue est interrompue inondent le mas de Cannebeth (à partir d'un débit de 65 m<sup>3</sup>/s environ 10 ans) et les route départementales 189 et 24 (pour une crue de 60 à 80 m<sup>3</sup>/s, environ 10 ans).

Sur ce secteur la Cadoule est bordée par une digue d'environ 1m, interrompue en amont sur un linéaire de 60m.

En rive gauche la Cadoule est endiguée aussi avec une hauteur de 1m avec des enjeux agricoles ou naturels à l'arrière.

### **Modélisation hydraulique :**

L'objectif de l'étude visait la cartographie des aléas inondation par débordement de cours d'eau et submersion marine sur le secteur d'étude en vue de réaliser un diagnostic de la situation et de croiser avec les enjeux en zone inondable.

Elle s'appuie sur :

- Une modélisation hydrologique des bassins versants,
- Une modélisation hydraulique 2D des cours d'eau.

- Choix du modèle

La modélisation 1D – 2D a été réalisée à l'aide de la suite logicielle INFOWORK sur l'ensemble du linéaire des cours d'eau, permettant ainsi d'intégrer aussi la modélisation hydrologique.

Un module 2D, développé par HR WALLINGFORD, permettant de modéliser les écoulements de surface complexes en zones inondables par un maillage bidimensionnel a également été mise en œuvre en lit ajeur dans les zones à enjeux de la plaine aval. La zone inondable est alors représentée par des mailles triangulaires. Les hauteurs d'eau et vitesses sont calculées localement en chaque point du maillage.

La modélisation 2D se justifie pour représenter finement les écoulements bidimensionnels à surface libre, et permet de calculer précisément le fonctionnement sur les secteurs particuliers (zones urbaines, digues...).

Le module 2D utilise le principe de discrétisation de la zone inondable sous forme de mailles triangulaires et résout les équations de St Venant pour la hauteur et la vitesse en deux dimensions. La surface à modéliser est discrétisée en un maillage triangulaire. Le MNT a été utilisé pour la création du maillage. Des zones de vides, des lignes de contrainte et des murs peuvent être inclus dans le maillage.

L'intérêt du logiciel utilisé INFOWORKS RS 2D est qu'il permet en outre de coupler la modélisation **à surface libre 2D dans le lit majeur avec une modélisation 1D du lit mineur** permettant de représenter correctement la bathymétrie des cours d'eau (sans simplification topographique lié à la limitation du nombre de mailles 2D) et les **ouvrages en charge**. Dans ce cas, toutes les lois d'hydraulique classiques sont modélisables en fonction du type d'ouvrage et de son fonctionnement (lois d'orifice, lois de Bernouilli, lois de seuils, siphons, vannes mobiles...).

L'intérêt du logiciel INFOWORKS réside dans ses possibilités d'adaptation aux écoulements à modéliser, du plus simple au plus complexe.

Le modèle, en **couplage 1D/2D** a permis de représenter les écoulements, les ouvrages de franchissements, et les aménagements connexes (digues, seuils, bras morts ...).

## Modélisations 1D

Les modélisations 1D ont permis de représenter les écoulements simples par des profils en travers (modélisation 1D représentant sans simplification la bathymétrie), qui peuvent être maillés (dans le cas de bras de dérivation, ou de lit majeur actif).

Les surverses sur digues et ou berges sont représentées par des lois de seuils.

Les ouvrages sont modélisés en fonction de leurs caractéristiques par différentes lois : de type Bradley pour les ouvrages à surface libre, de type lois de seuil ou d'orifice pour les ouvrages en charge.

## Modélisations 2D

Les lits majeurs avec des écoulements plus complexes sont représentés par le module bidimensionnel du logiciel. Dans ce cas, le maillage du lit majeur est beaucoup plus dense et adapté aux contraintes du terrain. Le lit mineur reste modélisé en 1D (pour une meilleure discrétisation de la bathymétrie).

Le maillage 2D est construit pour prendre en compte les particularités des écoulements en se basant sur des lignes topographiques structurantes appelées « lignes de contraintes » (obstacles, remblais, ouvrages, discontinuités topographiques...).

Sur la Cadoule, le type de modélisation hydraulique suivant a été mis en œuvre :

- Sur la partie amont du bassin versant, la Cadoule a été modélisée à l'aide d'un module en 1D dans les zones sans enjeux urbanisés, et en couplage 1D/2D dans la traversée des zones urbaines ou d'activités ou d'enjeu agricole particulier (centres urbains de Castries, Vendargues, Baillargues, domaine de Massane).

- En aval du canal BRL, la Cadoule et l'Aigues-Vives ont été modélisées partout en couplage 1D/2D, c'est-à-dire en intégrant les lits mineurs des cours d'eau en 1D, et toute la zone inondable en 2D, jusqu'à l'étang de l'Or.

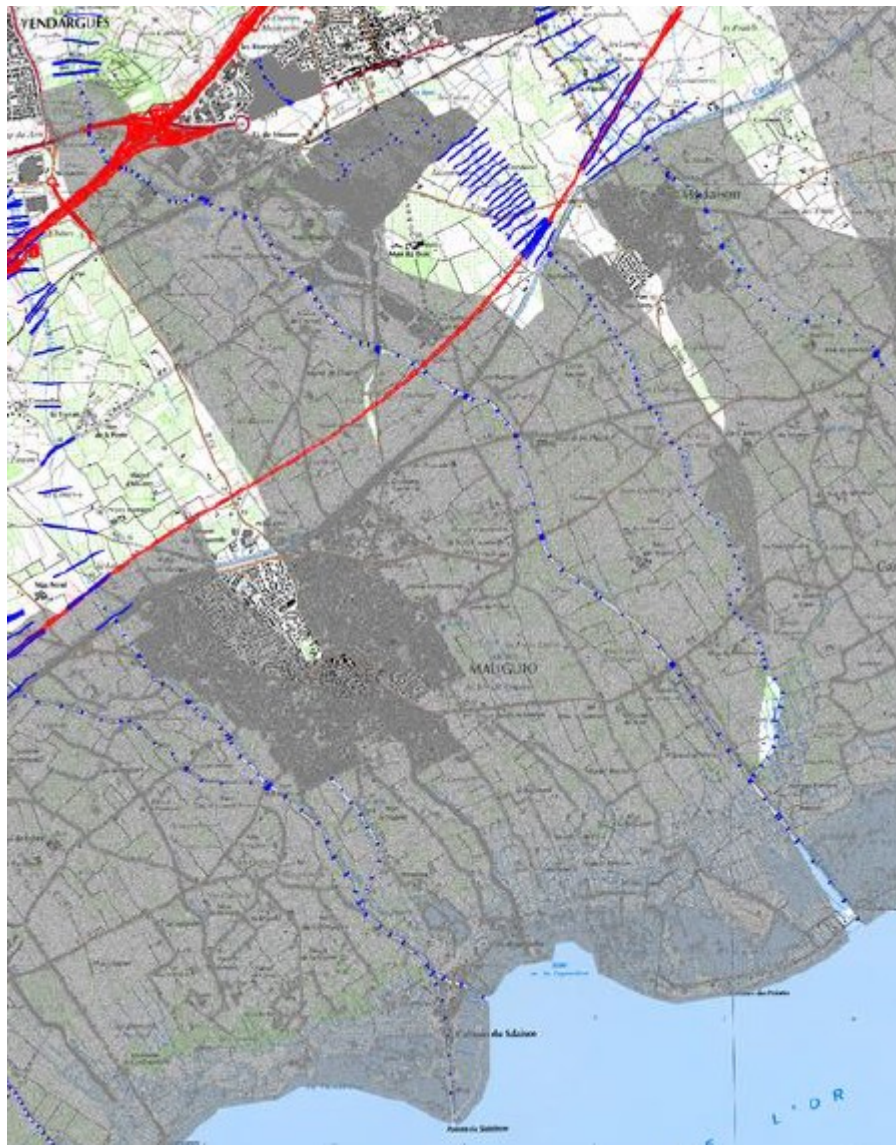
## Intégration des projets DDA9 et LGV :

Les projets structurants de dédoublement de l'A9 et de nouvelles lignes LGV ont été intégrés dans la modélisation hydraulique à partir des données fournies au stade des études entre avril et août 2015 (fichiers 3D du projet DDA9 comportant la topographie des remblais et l'implantation des ouvrages, et fichiers 2D sans topographie pour le projet LGV et ses rétablissements routiers avec situation des principaux ouvrages). Certaines données n'ont pu être récupérées (fil d'eau des ouvrages de décharge, topographie des rétablissements routiers du projet LGV, approfondissement des ouvrages de décharge de la LGV, etc) et ont été intégrés dans la mesure du possible avec les indications du projet décrites dans les dossiers d'enquête Loi Eau.

La cartographie de ce cycle intègre donc ces projets à leur stade d'étude mais n'intègre pas une mise à jour de la modélisation à l'issue des travaux sur la base de plans de récolement alors non disponibles.



Périmètre de la modélisation 1D de la Cadoule



Périmètre de la modélisation en 1D/2D

#### Conditions aux limites :

Le niveau aval du modèle hydraulique de la Cadoule est constitué par le niveau de l'étang de l'Or sous influence marine.

L'influence aval de l'étang de l'Or résulte d'une modélisation à casiers du complexe hydraulique formé par l'étang de l'Or, et les étangs palavasiens, qui intègre en outre tout le complexe des étangs, le canal du Rhône à Sète, les passes, les ouvrages et les graus, sur le linéaire entre le Vidourle et Frontignan. Cette méthodologie permet de représenter correctement les échanges entre ces différentes masses d'eau qui influent sur la condition aval des écoulements de la Cadoule.

Les hypothèses de concomitance de niveau en mer maximal avec les crues sont issues des directives DI :

- crue 5 ans avec un niveau en mer maximal de 0.8 m NGF
- crue 10 ans un niveau en mer maximal de 1.2 m NGF
- crue 30 ans un niveau en mer maximal de 1.3 m NGF
- crues 50 et 100 ans un niveau en mer maximal de 1.5 m NGF
- crue exceptionnelle un niveau en mer maximal de 2.4 m NGF

### Simulations hydrauliques :

Les modélisations de l'étude ont été réalisées pour les scénarios de pluies suivants : 5, 10, 30, 50 et 100 ans, ainsi que pour les deux épisodes de calage du 3 décembre 2003 (plus fort que septembre 2003 en termes de réponse sur le territoire) et du 29 et 30 septembre 2014 (épisode récent le plus important). Le scénario de crue exceptionnelle est pris à 1,8 fois le débit de la crue 100 ans conformément au cahier des charges.

Pour ce cycle de la DI, ce sont les modélisations pour des crues d'occurrence 30 ans, 100ans et crue exceptionnelle qui ont été définis comme représentant les occurrences fréquente, moyenne et maximale.

### ***Mode de représentation retenu pour la cartographie***

- Les classes de hauteurs retenues pour l'ensemble des scenarii sont les suivantes :  
0 à 0,5 m / 0,5 à 1 m / 1 à 2m / > 2 m.
- Les enjeux représentés sur les cartes sont issus des fichiers de la BdTopo IGN.
- Les cartes ont été réalisées conformément aux prescriptions de la note sémiologique méthodologique de juillet 2013.

Les cartographies des hauteurs d'eau maximales atteintes pour chacune des périodes de retour sont présentées à l'échelle 1 : 25 000ème.

### **3.1.6 - Le Rhône**

Se reporter au rapport relatif à la cartographie du TRI du Delta du Rhône.

## **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.

- du 4 au 8 mars 2013 (occurrence estimée à 10 ans),
- du 28 au 1er dec 2014 (occurrence et impact modéré si on considère la houle, mais avec un niveau marin le plus important mesuré depuis 50 ans).

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***

*« Évènement 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'événement moyen**

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

« L'impact du changement climatique est à étudier sur l'événement moyen à échéance 100 ans.

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

La circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux décline les documents cadres qui mettent en œuvre une nouvelle stratégie de gestion des risques, et initie 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 Occitanie 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  $\eta = a * (H_0L_0)^{1/2}$ , avec une hauteur significative de la houle millénale de 9,8 m (ANEMOC au point MEDIT 2809, calculée à partir des données de la loi GPD) et une période de la houle de 14 s. On obtient ainsi une surélévation due à la houle de  $\eta = 1,21$ m.

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

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

En l'absence d'enregistrements historiques quantitatifs, la paléotempétoologie (Liu and Fearn, 1993) est une méthode scientifique qui permet de reconstituer les tempêtes et les cyclones du passé à partir d'archives sédimentaires. Cette méthode utilise des traceurs géologiques comme la granulométrie, la géochimie ou les bio-indicateurs et se concentre sur l'étude des « cônes de tempête » qui se forment à la suite d'un cyclone ou d'une tempête extrême en arrière d'un cordon littoral sableux.

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

Cette méthode a été utilisée par Pierre Sabatier pour l'étude d'un cône de tempête sur le lido de Villeneuve-Maguelone et l'étang de Pierre-Blanche ; elle a ainsi donné lieu à la rédaction d'une thèse : Reconstitution des 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 <sup>er</sup> plan)		X			
Cordon dunaire (2 <sup>nd</sup> 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.

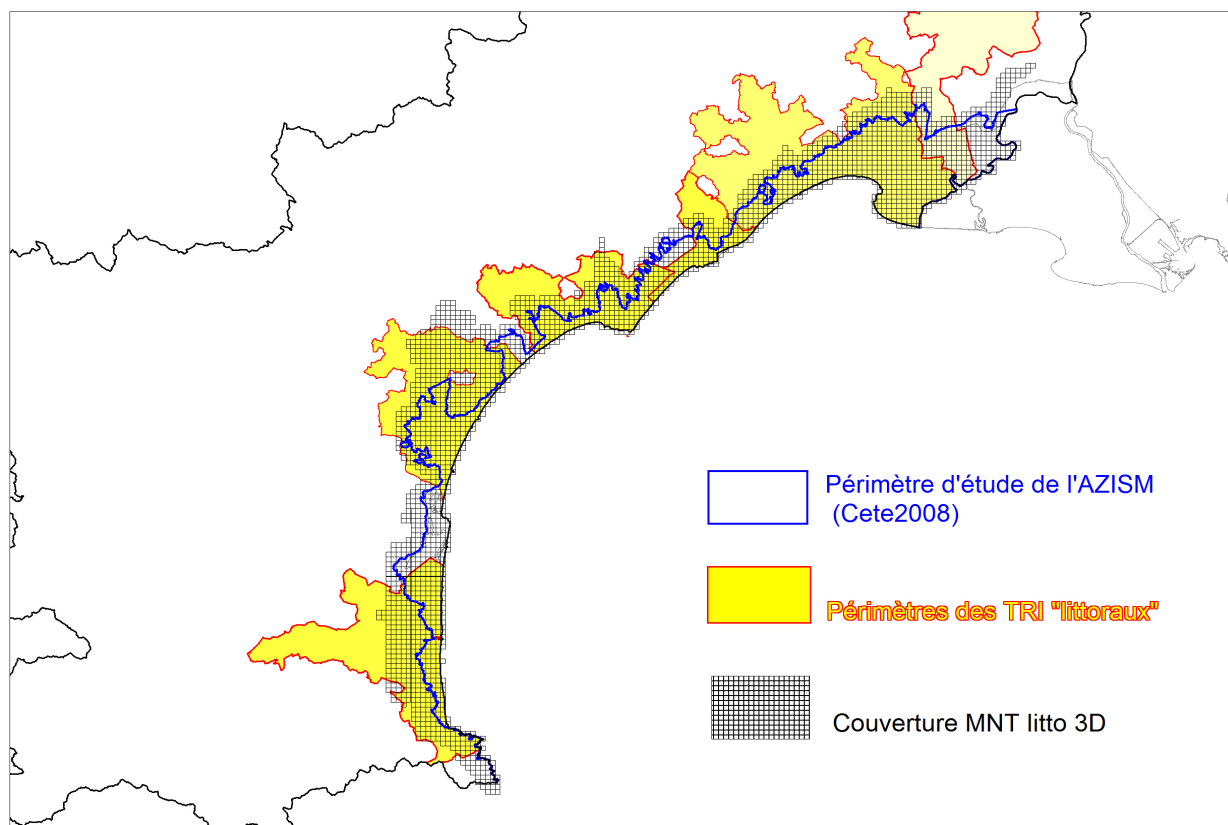
#### ***Topographie disponibles sur l'ensemble du littoral du Languedoc Roussillon.***

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 1km<sup>2</sup> aux polygones « vecteur » représentant les extensions d'inondation par submersion marine pour chaque TRI, le périmètre d'étude s'est limité au périmètre d'étude adopté pour l'Atlas des zones inondables par submersion marine (AZISM) réalisé en 2008 (trait bleu de la carte ci-dessus).

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

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

### ***Prise en compte des ouvrages de protection***

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

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

Un scénario intégrant la résistance de ces obstacles ne peut en effet être retenu que si tous les éléments

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

### ***Modes de représentation retenus pour la cartographie***

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

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

#### Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario Moyen

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

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

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

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

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

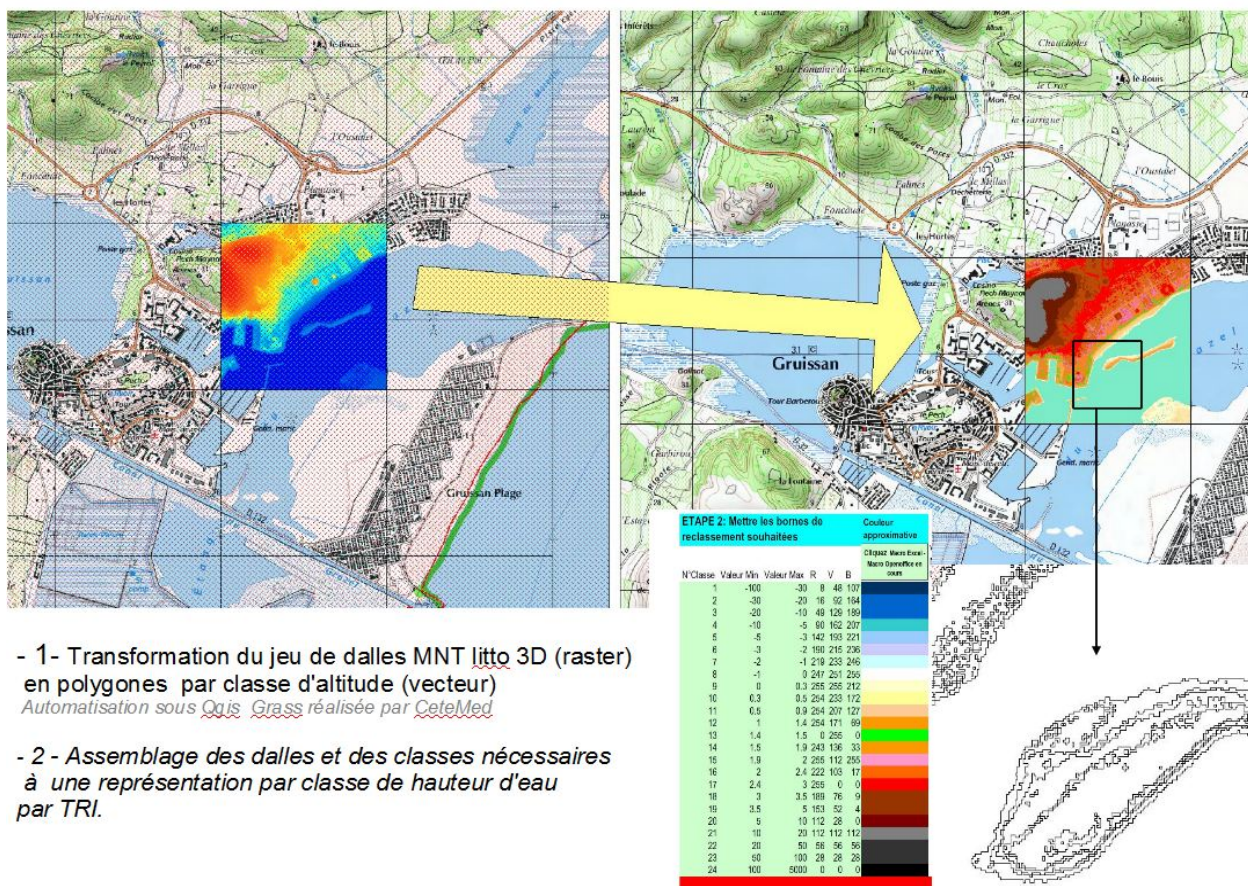
*Aussi c'est la valeur 2 et non 2,40 qui sera saisi dans les fichiers informatiques. Cela revient à faire une approximation sans conséquence. Les terrains identifiés sont bien issus du croisement du niveau marin 2,40 avec la topographie. Le contour de l'extension d'inondation résultante est bien différent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

#### Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario extrême

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

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

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



- 1- Transformation du jeu de dalles MNT littq 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 km<sup>2</sup> variant de 80 km<sup>2</sup> à 455 km<sup>2</sup> 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 analyses 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.

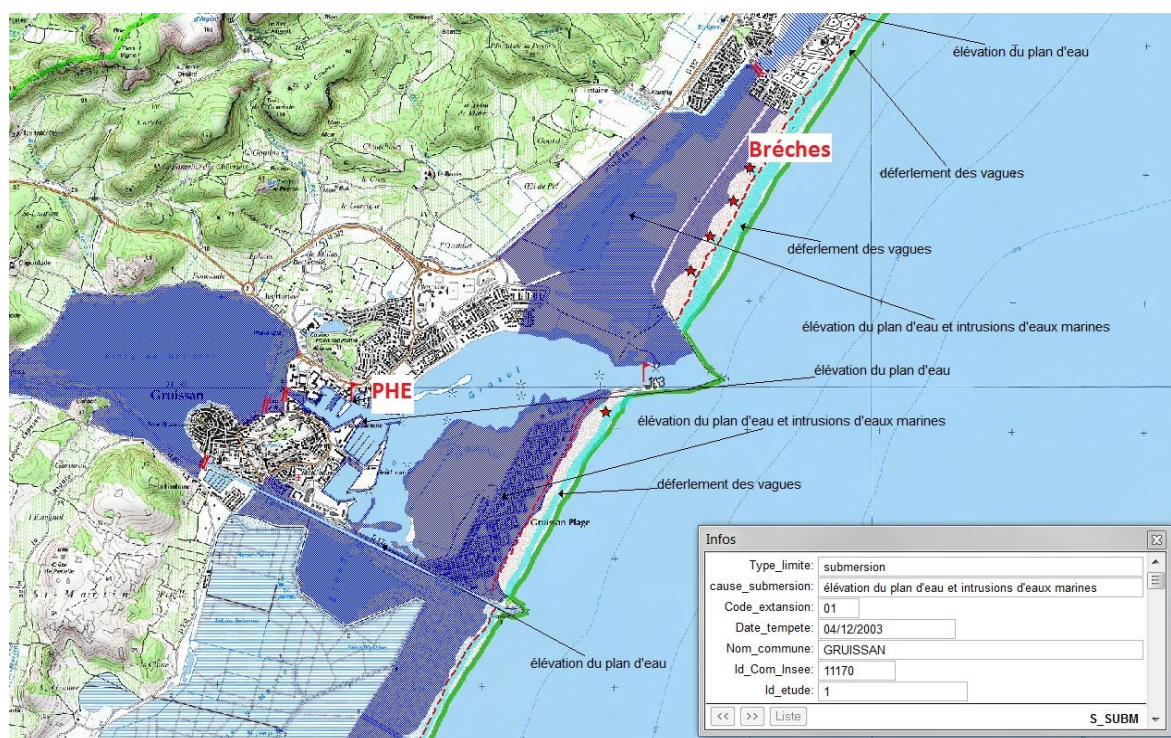
Cinq types de données et études couvrant la région ont été mobilisés pour réaliser cette cartographie :

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

Numérisation et base de données réalisé 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 évolués depuis, l'utilisation de cette donnée présente l'avantage d'être conforme à la réalité vécue par les communes et de prendre en compte les écoulements et communication entre les terrains et la mer.

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



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

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

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

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

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

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

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

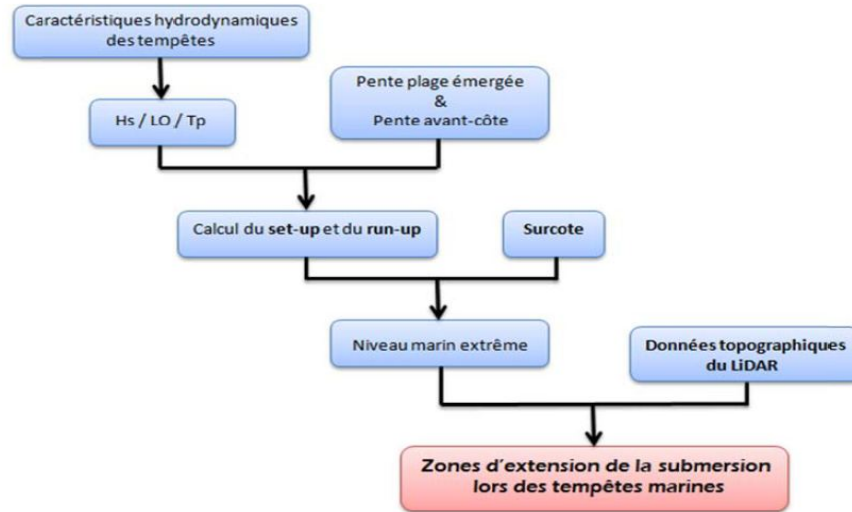


Illustration 5 – Méthodologie établie pour estimer la submersion lors des tempêtes marines.

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

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

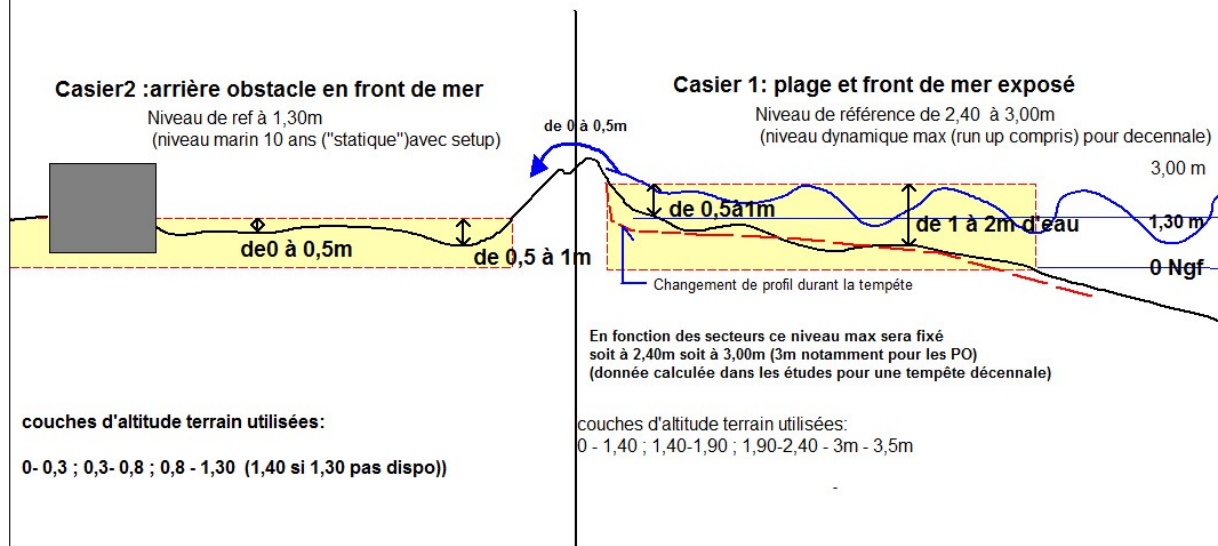
### **Méthode scénario fréquent**

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

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

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

## Niveaux marins et hauteurs d'eau en fonction de l'altitude terrain pour la carto DI aléa Fréquent



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 tempêtes 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 <sup>a</sup>		1.2 m
Port de Canet (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.25 m <sup>b</sup>		1.2 à 1.3 m
Port de Saint-Cyprien (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.30 m <sup>c</sup>		1.45 m
Port d'Argelès (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.30 m <sup>d</sup>		1.5 m
Port-Vendres (mesure basée sur des témoignages visuels)	1.50 m <sup>e</sup>	1.30 m	1.7 m
Port-Vendres (marégraphe)	0.87 m IGN69		

<sup>a</sup> constaté par M Rault directeur du Port au niveau de l'échelle placée sous le pont mobile

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

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

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

<sup>e</sup> 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  $\mu$  = 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 subit une inondation depuis 1997 sera pris en compte Cette enveloppe sera construite à partir :

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

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

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

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

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

### **Données Topographiques**

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

### ***Périmètre d'étude***

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

### ***Prise en compte des ouvrages de protection***

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

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

### ***Modes de représentation retenus pour la cartographie***

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

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

#### Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario fréquent

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

### ***Incertitudes et limites de la cartographie obtenue***

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

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

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

La Cartographie est dépendante de l'étendu du périmètre d'étude adopté au départ.

Par sécurité celui-ci est une enveloppe maximale afin de ne pas écarter de l'analyse des terrains potentiellement inondables. La comparaison avec les relevés post tempête connus permet de réduire les incertitudes pour ce scénario.

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

Afin d'être en mesure de manipuler et traiter la donnée, les traitements géomatiques détaillés en annexe ont été réalisés sur la donnée submersion marine ; ces traitements n'ont pas d'impact sur la représentativité et la fiabilité de la donnée à l'échelle d'utilisation des cartes qui est le 1/25 000<sup>ème</sup>.

### 3.3 - Carte de synthèse des surfaces inondables

Suite à l'étude spécifique des contours des zones inondables de chaque scénario, pour chaque cours d'eau et la submersion marine le cas échéant, les cartes de synthèse des surfaces inondables sont élaborées. 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, débordement de cours d'eau et submersion marine. Ne sont ainsi représentées sur ce type de carte que les limites des surfaces inondables.

Les cartes de synthèse du TRI de Montpellier-Lunel-Mauguio-Palavas ont été établies pour l'ensemble des débordements de cours d'eau.

La carte de synthèse du TRI de Montpellier établie pour l'ensemble des débordements de cours d'eau a été élaborée à partir de l'agrégation par scénario des enveloppes de surfaces inondables de chaque cours d'eau cartographié. Ainsi, dans les zones de confluence, l'enveloppe retenue correspond à l'extension du cours d'eau le plus étendu en un point donné pour le scénario considéré. Son échelle de validité est le 1 / 25 000<sup>e</sup>.

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

La cartographie des risques d'inondation est construite à partir du croisement entre les cartes de synthèse des surfaces inondables et les enjeux présents au sein de ces enveloppes.

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

Il convient de rappeler que 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 mais montre que 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.

En particulier pour le 2ème cycle, une base de donnée rassemblant un certain nombre de données enjeux a été créée sur le Bassin Rhône-Méditerranée. Constituée à partir des bases de données nationales récentes, elle permet d'actualiser les données d'enjeux du 1<sup>er</sup> cycle, elle comprend les enjeux exigés par l'article R566-7 du code de l'environnement ainsi que le patrimoine culturel.

Sur les cartes de risque, les enjeux sont représentés uniquement dans les surfaces inondables, à l'exception des enjeux liés à la gestion de crise ; leur présence en dehors de la surface inondable pouvant améliorer la gestion de l'évènement.

Les données de population permanente et d'emplois ont également été mises à jour à partir de données récentes au niveau national permettant d'actualiser l'estimation de la population permanente et des emplois dans les zones potentiellement touchées.

Pour plus de détails, vous pouvez vous référer aux compléments méthodologiques pour les TRI dont la cartographie a été modifiée placés en annexe.

### 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 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 2014 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.

Lors du 1<sup>er</sup> cycle, la population permanente située dans la zone inondable pour les débordements de cours d'eau étudiés dans ce cycle (Lez, Mosson, Vidourle, Rhône, Rhône) s'élevait ainsi à :

- 3 713 pour le scénario fréquent ;
- 27 698 pour le scénario moyen ;
- 48 819 pour le scénario extrême.

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

- 3 330 pour le scénario fréquent ;
- 19 992 pour le scénario moyen ;
- 30 149 pour le scénario moyen avec changement climatique ;
- 38 968 pour le scénario extrême.

Pour le second cycle, la population permanente située dans la zone inondable pour les débordements de cours d'eau étudiés dans ce cycle (Cadoule, Lez, Mosson, Vidourle, Rhône, Rhône) s'élève ainsi à :

	Population permanente		
	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa extrême
<b>Débordement de cours d'eau</b>	<b>4 189</b>	<b>33 024</b>	<b>59388</b>

La population permanente impactée par la submersion marine n'a pas été recalculée pour le second cycle.

## **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 de mars 2018 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. Lors du 1<sup>er</sup> cycle, les emplois situés dans la zone inondable pour les débordements de cours d'eau étudiés dans ce cycle (Lez, Mosson, Vidourle, Rhône, Rhône) s'élevaient à :

- 2 464 pour le scénario fréquent ;
- 14 561 pour le scénario moyen ;
- 21 723 pour le scénario extrême.

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

- 804 pour le scénario fréquent ;
- 4 810 pour le scénario moyen ;
- 6 606 pour le scénario moyen avec changement climatique ;
- 8 675 pour le scénario extrême.

Pour le second cycle, les emplois situés dans la zone inondable pour les débordements de cours d'eau étudiés dans ce cycle (Cadoule, Lez, Mosson, Vidourle, Rhône, Rhône) s'élèvent à :

	Nbre d'emplois minimum impactés			Nbre d'emplois maximum impactés		
	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa extrême	Aléa fréquent	Aléa moyen	Aléa extrême
<b>Débordement de cours d'eau</b>	<b>4 467</b>	<b>18 273</b>	<b>29 768</b>	<b>6 358</b>	<b>24 859</b>	<b>40 892</b>

Les emplois impactés par la submersion marine n'ont pas été recalculés pour le second cycle.

### **3. Estimation de la population saisonnière**

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

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

Le surplus de la population saisonnière théorique est estimé à partir d'une pondération de la capacité de différents types d'hébergements touristiques mesurables à partir de la base de l'INSEE : hôtels, campings, , et locations saisonnières en 2018 et résidences secondaires en 2014. 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 la somme du surplus de la population saisonnière théorique et la population communale permanente sur la population communale permanente. Il s'agit de la comparaison entre la « population en saison » et la « population hors saison ». Au 1<sup>er</sup> cycle, c'était le poids de l'affluence saisonnière au regard de la démographie communale qui était calculé.

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

Les précisions sur la méthode sont explicitées en annexe.

Ces valeurs sont présentées ci-dessous par commune et sur l'ensemble du TRI.

TRI de Montpellier	population permanente	Taux d'habitants saisonniers
Saint-Nazaire-de-Pézan	603	1.14
Mireval	3424	1.08
Saint-Laurent-d'Aigouze	3452	1.47
Jacou	6587	1.01
Le Crès	8961	1.01
Courmonterral	5835	1.07
Lunel-Viel	3761	1.04
Les Matelles	1965	1.04
Lansargues	3073	1.12
Pignan	6480	1.03
Saint-Gély-du-Fesc	9627	1.02
Saint-Just	3067	1.04
Teyran	4606	1.01
Vailhauquès	2619	1.04
Valergues	2022	1.05
Vendargues	6179	1.03
Saint-Clément-de-Rivière	4801	1.07
Vic-la-Gardiole	3106	2.47
Mauguio	16750	2.19
Montpellier	275428	1.11
La Grande-Motte	8630	10.89
Clapiers	5354	1.24
Candillargues	1629	1.06
Saussan	1439	1.04
Le Grau-du-Roi	8372	14.57
Aigues-Vives	3173	1.12
Lavérune	2824	1.03
Sommières	4640	1.4
Saint-Jean-de-Védas	8596	1.19
Villetelle	1463	1.06
Juvignac	8755	1.18
Lunel	24873	1.1
Fabrègues	6564	1.41
Montarnaud	2854	1.01
Prades-le-Lez	4973	1.03
Castelnau-le-Lez	19181	1.04
Gallargues-le-Montueux	3572	1.81
Montferrier-sur-Lez	3528	1.08
Aubais	2589	1.32
Aigues-Mortes	8413	1.83
Aimargues	5326	1.35
Junas	1068	1.62
Villevieille	1679	1.12
Grabels	7493	1.05
Lattes	15949	1.25
Marsillargues	6177	1.21
Palavas-les-Flots	6281	5.61
Pérols	9103	1.16
Villeneuve-lès-Maguelone	9577	1.11

#### **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 20m<sup>2</sup> (, bâtiments industriels, bâtis remarquables, bâtiments indifférenciés comprenant les habitations,...).

#### **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, représentées dans les cartes de risque sous la dénomination « zone d'activité ».. Cette information est issue de la BDTopo de l'IGN de 2017 et de l'observatoire des matériaux du BRGM de 2013(pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Elle tient compte des zones d'activités industrielles, commerciales, de l'agriculture, des campings, des surfaces d'activités de transport et des carrières pour l'exploitation des matériaux.

#### **6. Installations polluantes**

Deux types d'installations polluantes sont prises en compte : les IPPC et les stations de traitement des eaux usées représentées dans les cartes de risques sous la dénomination respectivement d' « IPPC » et de « station d'épuration »..

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) présent 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 » de 2018. Les données sont visualisables sur <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>.

Outre les IPPC représentées sur la carte de risques du TRI, il convient de souligner que deux IPPC sont par ailleurs situées hors du TRI mais à moins de 30 km en amont de celui-ci, en zone inondable. Il convient de rappeler que l'analyse s'est basée sur l'AZI et donc ne permet pas d'indiquer si ces IPPC 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. Elles sont représentées dans les cartes de risque sous la dénomination « zone protégée au titre de le DCE ». 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 m<sup>3</sup> 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 essentiellement de la BDTopo de l'IGN de 2017 (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>).

Ils comprennent :

- *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 de pompier, les gendarmeries, les mairies, les préfetures ; représentées avec ces appellations sur les cartes de risque ;
- *les bâtiments et sites sensibles pouvant présenter des difficultés d'évacuation*, ils sont référencés dans : « établissements pénitentiaires », « établissements d'enseignement », « établissements hospitaliers », « campings » ; dénommés respectivement « prison », « école », « hôpital » et « camping sur les cartes risques.
- *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 » ; dénommés respectivement « gare et aéroport », « autoroute et quasi autoroute », « liaison principale » et « réseau ferré » sur les cartes de risque ;
- *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 issues de la base S3IC de 2018 ; dénommés respectivement « installation eau potable », « poste de formation » et « installation SEVESO » et les installations nucléaires de base (INB)).
- Les établissements SEVESO (sans distinction de seuil) dont 2 ont été recensés dans le TRI de Montpellier.

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

### **Annexe II : Compléments méthodologiques**

- **Généralités sur la modélisation des débordements de cours d'eau**
- **Description de la base de données SHYREG**
- **Description de l'outil de modélisation CARTINO**
- **Description de la méthode retenue pour la cartographie des submersions marines sur le littoral méditerranéen**
- **Description de la méthode d'estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée**
- **Description de la méthode d'estimation des emplois**
- **Description de la méthode d'estimation de la population saisonnière**
- **Métadonnées du SIG structurées selon le standard COVADIS Directive Inondation**

### **Annexe III : Méthodologie cycle 2**

- **Précisions sur les méthodes utilisées sur le bassin Rhône-Méditerranée**
- **Données nationales fournies pour le calcul des populations et emplois impactés**



**Direction départementale  
des territoires et de la mer  
Hérault**  
Bâtiment Ozone  
Place Ernest Granier  
CS 60556  
34 064 MONTPELLIER CEDEX



**DDTM 34**

<http://www.herault.gouv.fr>