



**PRÉFET  
DES PYRÉNÉES-  
ORIENTALES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Service eau et risques  
Unité prévention des risques  
Affaire suivie par : Nicolas RASSON  
Tél : 04 68 38 10 90  
Mél : ddtm-ser-pr@pyrenees-orientales.gouv.fr

**Direction départementale  
des territoires et de la mer**

Perpignan, le **02 JUIN 2021**

Le Préfet des Pyrénées-Orientales

à

Monsieur Philippe LEDENVIC  
Président de l'Autorité  
environnementale  
Conseil général de l'Environnement et  
du Développement durable  
Autorité environnementale  
92055 La Défense CEDEX

**Objet : Recours gracieux sur la décision délibérée de l'Autorité environnementale en date du 7 avril 2021, après examen au cas par cas, sur la modification du plan de prévention des risques naturels (PPRN) de la commune de Banyuls-sur-Mer (66)**

**Réf. : n°F-076-21-P-0012**

**P.J. : cf liste en annexe**

Par décision du 7 avril 2021 (PJ n° 1), la formation d'Autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable soumet à évaluation environnementale, en application de la section deux du chapitre II du titre II du livre premier du code de l'environnement, la modification du plan de prévention des risques naturels (PPRN) de la commune de Banyuls-sur-Mer.

Les motifs de cette décision sont :

1. l'exposition d'une population vulnérable à des crues exceptionnelles, au regard de l'enclavement du projet auquel seul un pont franchissant le chenal permet d'accéder,
2. le risque de submersion marine et son évolution en tenant compte du changement climatique,
3. les impacts à court, moyen et long terme, directs et indirects, des ouvrages et constructions prescrits ou induits par la modification du PPRN,
4. les incidences du projet de modification du PPRN sur les milieux aquatiques.

Par la présente, je souhaite replacer l'opération dans son contexte général et vous apporter les précisions et compléments nécessaires en relation avec les motifs mentionnés dans la perspective du réexamen de votre décision.

En préambule, il convient de rappeler que le présent projet s'inscrit dans une logique de réduction globale de la vulnérabilité, allant au-delà du risque d'inondation.

En effet, depuis 1985, le site accueillait des activités de soins post-opératoires et de rééducation. Dans une logique de réorganisation de l'offre de soins à l'échelle du département des Pyrénées Orientales, l'ARS a souhaité que ces activités de soins soient transférées à Perpignan, de façon à garantir la sécurité des patients. Le site du centre héliomarín accueillait encore en 2014 une unité de rééducation cardiologique et les activités de soins ont définitivement été transférées fin 2019.

En revanche, la maison d'accueil spécialisée (MAS) existante sur site subsiste mais dans une logique de démolition/reconstruction pour réduire sa vulnérabilité.

### **1. S'agissant de l'exposition d'une population vulnérable à des crues exceptionnelles**

Conformément aux préconisations du décret aléa des PPR, le projet s'inscrit dans une logique de réduction de la vulnérabilité du tissu urbain existant. Le bilan de la vulnérabilité des activités prévues sur le site s'établit ainsi :

- avant travaux,
  - l'ensemble des bâtiments du Centre Hélio-Marin (CHM), dont les activités de soin et la MAS, était exposé à une crue estimée supérieure à 10 ans, comme ce fut le cas lors de l'épisode pluvieux du 3 octobre 1987, durant laquelle des hauteurs d'eau variables ont été relevées sur site (1,30 m dans les locaux techniques et les cuisines, 0,60 m dans les couloirs du rez-de-chaussée des bâtiments et 0,30 m dans les jardins intérieurs) et plus récemment en 2014 ;
  - la maison de retraite, Paul Reig, située en centre urbain en zone inondable d'aléa fort, également inondée en 1987 avec des hauteurs d'eau de 1,5 m à l'intérieur des bâtiments. Face à une inondation des accès du site en 2011, la commune avait souhaité des travaux de mise en sécurité. Leur coût, rendu très élevé par l'enclavement du site, a fait renoncer la commune à les mettre en œuvre.
  - La maison de retraite Vincent Azéma, située hors zone inondable, se trouverait enclavée (voie d'accès submergée) en cas de survenue d'une crue de référence centennale. Elle n'est par ailleurs plus aux normes.
- Après travaux, la délocalisation des résidents de ces deux EHPAD vers un centre moderne dont la conception et les aménagements ont pris en compte le risque d'inondation et les recommandations fixées dans le règlement du PPRNP applicable permettent une réduction de l'exposition des personnes vulnérables au risque inondation. La démolition/reconstruction de la MAS permet de réduire sa vulnérabilité.

Les aménagements hydrauliques effectués dans le cadre de la reconstruction du Centre Hélio-Marin, autorisée par arrêté préfectoral n° DDTM/SER/2020107-0001 du 16 avril 2020, et dont les travaux du chenal se sont achevés en avril 2021, visent à annihiler le risque d'inondation sur les deux bâtiments projetés, dont la capacité sera de 214 résidents, pour une crue de référence centennale.

## **2. S'agissant du risque de submersion marine et de son évolution en tenant compte du changement climatique**

À l'échelle du Golfe du Lion, le niveau marin centennal de référence retenu est de + 2 m NGF et le niveau marin de référence 2100, intégrant en vertu de la circulaire du 27 juillet 2011 l'hypothèse pessimiste de + 60 cm de surélévation du niveau marin, est de + 2,40 m NGF (cf. PJ n° 5 – Guide régional d'élaboration des PPRL du Languedoc-Roussillon de Novembre 2012).

Le plan topographique en pièce jointe n° 6 établit que l'altimétrie des terrains du projet est comprise entre 3,20 m NGF coté plage et 18 m NGF au Nord du site, et que les planchers des bâtiments sont calés à la cote de 7,20 m NGF pour l'EHPAD et 10,80 m NGF pour la MAS. Les bâtiments sont donc hors de la zone soumise au risque de submersion marine.

Selon la définition retenue par la méthodologie Directive Inondation (cf. PJ n° 7 – page 10 de l'annexe II : compléments méthodologique à la cartographie des surfaces inondables et des risques des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) du bassin Rhône-Méditerranée – DREAL du bassin Rhône Méditerranée – Décembre 2013), le niveau choisi pour l'évènement extrême est de 2,80 m NGF.

L'altimétrie des terrains concernés par la modification est également supérieure au niveau atteint par un évènement marin exceptionnel.

## **3. S'agissant des impacts à court, moyen et long terme, directs et indirects, des ouvrages et constructions prescrits ou induits par la modification du PPRN**

La modification du PPRN n'emporte aucune prescription ou obligation de réaliser des travaux, ainsi que l'illustre le projet de règlement modifié.

Cette modification vise à prendre en compte les résultats de l'étude hydraulique conduite en décembre 2017 par le bureau d'études SETEC HYDRATEC. Les aménagements hydrauliques en cours de réalisation, dimensionnés pour prendre en charge les eaux d'une occurrence centennale jusqu'à la mer, permettent de réduire les aléas inondation et crue torrentielle sur le secteur du Centre Hélio-Marin.

Or, cette nouvelle connaissance sur les aléas, couplée à la modification des enjeux exposés (reconstruction des bâtiments du CHM à des niveaux altimétriques supérieurs aux anciens bâtiments, déplacement des résidents de l'EHPAD Paul Reig situé en zone inondable d'aléa fort), justifient la modification des documents graphiques du PPRNP délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L.562-1, tel que prévu à l'article R.562-10-2 du code de l'environnement.

À défaut d'engager cette procédure de modification du PPRNP existant de sa propre initiative, l'État pourrait s'exposer à un recours de la commune de Banyuls-sur-Mer qui serait en droit de demander à l'État, voire de le contraindre, à faire application des dispositions de l'article R.562-10-2 du code de l'environnement précité pour prise en compte d'un changement dans les circonstances de fait.

Afin de déterminer l'exposition des futurs résidents du centre à une crue exceptionnelle, une modélisation a été réalisée par le bureau d'études SETEC HYDRATEC en mai 2021 (PJ n° 2) (débit de pointe estimé à 27 m<sup>3</sup>/s, injecté dans le modèle hydraulique utilisé par le bureau d'études SETEC HYDRATEC en décembre 2017 dans l'étude hydraulique des aménagements projetés pour protéger le site des inondations).

Cette dernière prend en compte une condition aval en mer de 2,6 m NGF, soit une cote supérieure au niveau marin centennal de référence avec intégration des effets du changement climatique à l'horizon 2100 et atteste que :

- la profondeur du chenal est suffisante pour acheminer un écoulement de période de retour 1 000 ans sans débordement, avec une revanche minimale de 50 cm environ sous la hauteur de remous ;
- l'aménagement du chenal en amont du secteur du CHM protège le site même en cas de débordement tel qu'observé en 1987 ;
- le fossé de colature Est, qui achemine les eaux de ruissellement jusqu'à la mer ne déborde pas pour un événement de période de retour de 1 000 ans ;
- le fossé de colature Ouest déborde pour des événements de période de retour supérieure à 400 ans. Pour une période de retour de 1 000 ans, la lame d'eau débordante a été évaluée à 6 cm.

Par ailleurs, la reconfiguration des bâtiments, dont le niveau de plancher le plus bas occupé par des résidents sera calé à la cote de 7,20 m NGF, contre 4,50 m NGF pour les anciens bâtiments, permet de soustraire au risque d'inondation l'ensemble des enjeux du site.

Le projet n'est pas enclavé tel que décrit. Si le projet prévoit un unique pont franchissant le chenal, le site est déjà accessible par un chemin praticable, permettant de rejoindre un rond point situé au Nord-Ouest du site, sur la RD 914, dont la longueur approximative est de 1,32 km (voir PJ n° 3).

De plus, en cas de crue exceptionnelle, le niveau d'eau atteint dans le chenal a été estimé à 1,20 m et atteindrait la cote de 3,40 m NGF (fond du chenal calé à la cote de 2,20 m NGF). Or, la voirie du nouvel accès est calée entre 5,15 et 5,75 m NGF et ne serait pas impactée par une crue exceptionnelle.

La raison d'être du projet qui consiste à soustraire à l'inondation des bâtiments abritant des populations vulnérables, rend inutile et inappropriée une évacuation en cas de crise inondation. La brutalité et la cinétique des phénomènes d'inondation (bassin versant caractérisé par une pente moyenne importante de l'ordre de 13 %, temps de concentration du bassin versant estimé à 7 min, débit centennal calculé à 18 m<sup>3</sup>/s) sont en effet trop importantes pour mettre en place un quelconque dispositif d'alerte et de mise en sécurité des populations, d'autant que la survenue d'une telle crue, sur un écoulement non surveillé, est par nature brutale et imprévisible.

Le confinement des personnes dans des bâtiments hors d'eau est en pareilles circonstances la solution pertinente et rejoint parfaitement les conseils de bons comportements à observer en cas de pluies méditerranéennes intenses. En ce sens, de nombreux messages d'informations sont diffusés aux départements de l'arc méditerranéen par le Ministère de la Transition écologique (Cf. pièce jointe n° 4 « Le rôle du citoyen » – MIAAM d'octobre 2017).

Ces éléments sont de nature à apporter une réponse à l'argument à l'appui de votre décision concernant la vulnérabilité de la population accueillie et son exposition à une crue exceptionnelle.

#### **4. S'agissant des incidences du projet de modification du PPRN sur les milieux aquatiques**

Le projet de modification du PPRN n'induit aucun impact sur les milieux naturels, n'étant lui-même porteur d'aucun aménagement.

Les travaux de réalisation du chenal et de reconfiguration du CHM ont en revanche été autorisés par l'arrêté préfectoral n° DDTM/SER/2020107-0001 du 16 avril 2020, après procédure d'autorisation environnementale (volet IOTA et dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées), non contestée à ce jour.

Ces travaux sont réalisés en vertu de l'autorisation et hors du champ d'examen au cas par cas de l'évolution du PPRN.

Ces éléments complémentaires me semblent répondre aux motifs de la décision susmentionnée.

En conséquence, je sollicite un réexamen de la situation du projet de modification du PPRN de Banyuls-sur-Mer et demande le retrait de la décision n°F-076-21-P-0012 du 7 avril 2021 et la prise d'une nouvelle décision.

  
Le Préfet  
**Etienne STOSKOPF**

### Liste des pièces jointes :

PJ n°1 : décision délibérée de l'Autorité environnementale en date du 7 avril 2021, après examen au cas par cas, sur la modification du plan de prévention des risques naturels (PPRN) de la commune de Banyuls-sur-Mer (66)

PJ n°2 : rapport d'étude hydraulique du bureau d'études SETEC HYDRATEC de mai 2021

PJ n° 3 : localisation du chemin reliant la RD 914 au CHM

PJ n° 4 : plaquette « Le rôle du Citoyen » - MIIAM – Octobre 2017

PJ n° 5 : guide régional d'élaboration des PPRL du Languedoc-Roussillon – DREAL Languedoc-Roussillon – Novembre 2012

PJ n° 6 : plan topographique du projet de reconstruction du CHM

PJ n° 7 : annexe II : compléments méthodologique à la cartographie des surfaces inondables et des risques des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) du bassin Rhône-Méditerranée – DREAL du bassin Rhône Méditerranée – Décembre 2013



**Autorité environnementale**

<http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/l-autorite-environnementale-r145.html>

**Décision délibérée de l’Autorité environnementale,  
après examen au cas par cas, sur la modification du  
plan de prévention des risques naturels (PPRN) de la  
commune de Banyuls-sur-Mer (66)**

**n° : F – 076-21-P-0012**

**Décision du 7 avril 2021**  
**après examen au cas par cas**  
**en application de l'article R. 122-17 du code de l'environnement**

La formation d'Autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable,

Vu la directive n° 2001/42/CE du Parlement Européen et du Conseil du 27 juin 2001 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement et notamment son annexe II ;

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 122-4, L. 122-5, R. 122-17 et R. 122-18, ainsi que les articles L. 562-1 et R. 562-1 et suivants ;

Vu le décret n° 2015-1229 du 2 octobre 2015 modifié relatif au Conseil général de l'environnement et du développement durable ;

Vu la circulaire du 21 janvier 2004 relative à la maîtrise de l'urbanisme et adaptation des constructions en zone inondable, publiée au BOMEDD n° 15 du 15 août 2004, NOR : DEVP0430129C ;

Vu le règlement intérieur de la formation d'autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable adopté le 26 août 2020 ;

Vu la décision prise par la formation d'Autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable dans sa réunion du 31 mai 2017 portant exercice des délégations prévues à l'article 17 du décret n° 2015-1229 du 2 octobre 2015 modifié relatif au Conseil général de l'environnement et du développement durable ;

Vu le dossier de demande d'autorisation environnementale relative au projet de reconstruction du Centre Hélios Marin - Commune de Banyuls-sur-Mer (comprenant une étude d'impact datée de juillet 2019) qui a été soumis à enquête publique du 4 décembre 2019 au 10 janvier 2020 ;

Vu l'avis d'autorité environnementale de la MRAe Occitanie n° 2019-7497 du 22 octobre 2019 relatif au projet de reconstruction du centre Hélios Marin sur le territoire de la commune de Banyuls-sur-Mer (66) déposé par la commune de Banyuls-sur-Mer ;

Vu le mémoire en réponse du 27 janvier 2020 à l'avis d'autorité environnementale n° 2019-7497 ;

Vu l'arrêté préfectoral n° DDTM/SER/2020107-0001 portant autorisation au titre des articles L. 181-1 et suivants du code de l'environnement pour le projet de reconstruction du Centre Hélios Marin sur la commune de Banyuls-sur-Mer, émis par le préfet des Pyrénées-Orientales le 16 avril 2020,

Vu la demande d'examen au cas par cas enregistrée sous le n° F-076-21-P-0012 (y compris ses annexes) relative à la modification du plan de prévention des risques naturels (PPRN) de la commune de Banyuls-sur-Mer (66), l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues de la préfecture des Pyrénées-Orientales le 5 février 2021 ;

**Considérant les caractéristiques de la modification du plan de prévention des risques naturels (PPRN) :**

- qui porte spécifiquement sur 7 parcelles cadastrales (18 550 m<sup>2</sup>) soumises au risque inondation et crue torrentielle (aléa fort) induit par le bassin versant du ravin d'Armen, les hauteurs d'eau pouvant atteindre voire dépasser un mètre en raison du débordement du ravin d'Armen et les eaux de la mer pouvant submerger l'entrée du Centre Hélios Marin (CHM), ces phénomènes étant aggravés par les dysfonctionnements du réseau de collecte pluvial,
- qui vise à permettre d'autoriser avec prescriptions un projet de restructuration sur 3,7 ha du CHM afin de construire une maison d'accueil spécialisée (MAS) de 60 places et un établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD de 154 lits) par relocalisation de deux EHPAD qui ne sont plus aux normes, dont l'un est vulnérable au risque d'inondation (85 places) et l'autre en zone blanche (59 places), non soumise à prescriptions face au risque d'inondation,
- qui prévoit des travaux modifiant le profil en long et le profil en travers du lit mineur du cours d'eau avec le recalibrage du chenal au sud du projet et la création de deux fossés de colature en amont hydraulique au nord du CHM afin qu'ils puissent drainer les eaux de ruissellement provenant des coteaux, pour un événement centennal,



- qui s'appuie sur une étude hydraulique de décembre 2017,
  - qui modifie le règlement, le rapport de présentation, la carte des phénomènes naturels, la carte des aléas et le plan de zonage du PPRN sur les secteurs concernés par le projet de reconstruction du CHM,
- étant précisé que :
- le projet de reconstruction du CHM a été l'objet de l'autorisation environnementale susvisée délivrée au titre de la loi sur l'eau et portant dérogation au régime d'interdiction stricte de perturbation des espèces protégées et de leurs habitats, 41 espèces de faune et de flore étant concernées par cet arrêté susvisé,
  - les aménagements hydrauliques ont débuté en septembre 2020 et devraient s'achever en avril 2021. Ils seront suivis d'une demande de permis de construire pour la restructuration du CHM qui ne peut pas être délivré en l'état du PPRN en raison des risques d'inondation,
  - l'État envisage de considérer que ces travaux induisent un changement dans les circonstances de fait le conduisant à justifier l'engagement de la procédure de modification du PPRN, qui ne placerait plus que le chenal en zone inondable. Or, une procédure de modification d'un PPR ne doit pas porter atteinte à l'économie générale du plan et plus de 200 personnes vulnérables seraient susceptibles d'être accueillies sur le site du fait du projet, sans mentionner l'éventuelle exposition des bâtiments et de leurs occupants aux risques d'une crue exceptionnelle,
  - le règlement actuel du PPRN de la zone rouge incite la commune à la mise en sécurité des populations actuellement exposées, notamment par certains changements éventuels de destination afin de diminuer sensiblement le niveau de risque global, et laisse ouverte l'hypothèse que la mise en place des ouvrages de protection nouveaux permette une modification du zonage, étant relevé dans le cas d'espèce que le zonage serait modifié alors que l'incitation de changement de destination pour diminuer le niveau de risque n'est pas remplie par le projet de restructuration du CHM ;

**Considérant les caractéristiques des zones susceptibles d'être touchées, ainsi que les incidences prévisibles du plan sur l'environnement ou la santé humaine, en particulier :**

- la modification du PPRN concerne la commune littorale de Banyuls-sur-Mer sur une zone située en front de mer et classée en zone « UAa » (à urbaniser) du plan local d'urbanisme et en zones inondables bleue et rouge du PPRN actuel,
- le mémoire en réponse du 27 janvier 2020 sur l'avis d'autorité environnementale n° 2019-7497 indique que le projet ne serait pas concerné par le risque de submersion marine, sans indiquer la manière dont l'article R. 562-11-5 du code de l'environnement est appliqué pour tenir compte des conséquences du changement climatique à 100 ans, et en particulier de l'élévation du niveau des mers,
- la situation du projet de modification du PPRN en tout ou partie au sein :
  - o de trois habitats naturels remarquables, dont certains constituent des habitats d'intérêt communautaire,
  - o du site classé Cap Oullestrel,
  - o du site Natura 2000 « Côte rocheuse des Albères » (zone spéciale de conservation n° FR9101481), dont le formulaire standard de données indique que « *la vulnérabilité est liée à des surfréquentations de certains biotopes et à des aménagements éventuels d'infrastructures.* »
  - o de la zone importante pour la conservation des oiseaux « LR10 Massif des Albères »,
  - o de la zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique (Znieff) de type II « Versants littoraux et côte rocheuse des Albères » (n° 910010834),
- à proximité immédiate :
  - o d'un espace boisé classé et de deux alignements d'arbres classés au plan local d'urbanisme comme étant à protéger au titre de l'article L. 151-19 du code de l'urbanisme, ces éléments ayant pu, selon le dossier, être évités par le projet,
  - o du parc naturel marin « Golfe du Lion »,
  - o du site Natura 2000 « Cap Bear - Cap Cerbère » (zone de protection spéciale n° FR9112034),

- o de la Znieff de type I « Cap d'Oullestrel » (n° 910010851) dont la fiche descriptive indique « *Pour préserver le patrimoine il faudra veiller à appliquer les diverses obligations de la loi Littoral, notamment proscrire l'urbanisation sur le site (même légère ou diffuse).* »,
- o de la Znieff marine de type II « La côte des Albères » (n° 91M000007), désignée en raison de la présence (entre autres) des habitats déterminants d'intérêt communautaire « Plateformes corraligènes » et « Herbiers de posidonia »,
- et à proximité de la réserve naturelle nationale « Cerbère - Banyuls » (n° FR3600009),
- la présence d'une faune patrimoniale diversifiée, en partie protégée, dont trois espèces de chiroptères et plusieurs espèces d'oiseaux protégées pouvant gîter au sein du bâti existant,
- l'ensemble étant situé en quasi-totalité dans des zones d'enjeux qualifiés par le dossier de forts ou très forts,
- étant précisé qu'une démarche d'évaluation environnementale a été engagée sur le projet d'ensemble, avec avis d'autorité environnementale (susvisé), mémoire en réponse et enquête publique, cette démarche appelant les observations suivantes :
  - o concernant les impacts du rejet du chenal et des fossés de colature débouchant sur la plage :
    - l'avis d'autorité environnementale recommande, au regard de l'absence d'analyse des incidences de ces rejets et compte tenu d'un risque potentiel d'entraînement du sable vers la mer au débouché du chenal susceptible de provoquer un panache turbide, de compléter l'étude sur ce point,
    - le mémoire en réponse présente les techniques « pouvant » ou « qui pourront » être mobilisées et conclut, après avoir présenté les limites de ces techniques, que le bassin versant intercepté étant identique, le projet n'engendre pas de modifications des conditions des rejets et qu'une décantation en amont permet d'éviter un rejet direct, ce que ne démontre ni le dossier de demande de cas par cas, ni l'étude d'impact,
    - il en résulte qu'aucune disposition complémentaire à celles décrites dans l'étude d'impact n'est prise, alors que la seule mesure concernant les risques de pollution et de ruissellement (R6) ne sera mise en œuvre que pendant la durée des travaux, et que les rejets auront lieu au droit d'herbiers de Posidonies épars et denses, dégradés en raison de la forte pression anthropique (selon l'étude d'impact),
    - l'arrêté préfectoral du 16 avril 2020 susvisé autorisant le projet a prescrit la mise en œuvre de l'intégralité des mesures d'évitement et de réduction présentées dans l'étude d'impact, assorties de mesures de suivi et d'accompagnement ; aucune mesure de compensation n'a été retenue,
    - compte tenu de l'avis du Conseil national de protection de la nature du 24 octobre 2019 concernant la demande de dérogation aux interdictions relatives aux espèces protégées, favorable au projet sous condition de la mise en place effective de l'ensemble des mesures de réduction et d'accompagnement proposées,
  - o concernant le risque de submersion marine, le mémoire en réponse du 27 janvier 2020 sur l'avis d'autorité environnementale indique que le projet ne sera pas concerné par le risque de submersion marine, sans étayer cette affirmation,
  - o concernant la situation enclavée du projet et la sécurité des personnes, l'avis d'autorité environnementale recommande de préciser les éléments de la réflexion menée sur la sécurité en cas d'évacuation des personnes, compte tenu de la situation enclavée du centre et de l'unique voie d'accès empruntant le pont sur le chenal, qui constitue également le seul accès au parking de la plage de Sana (50 places), le mémoire en réponse n'apportant pas d'élément complémentaire sur ce point alors que la possibilité d'exposition des personnes accueillies par le CHM à une crue exceptionnelle n'est pas écartée par le dossier fourni,
  - o les autres incidences étant traitées par l'étude d'impact ou ayant bénéficié de précisions dans le mémoire en réponse à l'avis d'autorité environnementale,
- considérant que la démarche d'évaluation environnementale a été engagée au titre de la réglementation relative aux projets sur la reconstruction du CHM, laissant quelques questions importantes encore sans réponse alors que les risques et la sensibilité environnementale sont avérés, et que le projet immobilier ne peut être autorisé sans modification du PPRN ;

**Concluant que,** au vu des informations fournies par la personne publique responsable, des éléments évoqués ci-avant et des informations et contributions portées le cas échéant à la connaissance de l'Autorité environnementale à la date de la présente décision, la modification du plan de prévention des

risques naturels (PPRN) de la commune de Banyuls-sur-Mer est susceptible d'avoir des incidences notables négatives sur l'environnement et sur la santé humaine au sens de l'annexe II de la directive 2001/42/CE du 27 juin 2001 susvisée. Si certaines de ces incidences ont d'ores et déjà été analysées dans l'évaluation environnementale du Centre Hélios Marin, sans avoir toutefois fait l'objet de mesures pour éviter ou réduire suffisamment et de manière exhaustive les risques et incidences environnementales résiduelles significatives, d'autres incidences probables, notamment sur les herbiers de posidonies au débouché du cours d'eau et surtout les risques pour une population, qui plus est, particulièrement vulnérable en cas de crue exceptionnelle, restent non évaluées. Dans ces conditions une évaluation environnementale de la modification du PPRN devrait apporter les éléments manquants et permettrait de proposer de nouvelles mesures de la séquence, éviter, réduire, compenser dans le but de préserver la population des effets des risques naturels ;

## **Décide :**

### **Article 1<sup>er</sup>**

En application de la section deux du chapitre II du titre II du livre premier du code de l'environnement, et sur la base des informations fournies par la personne publique responsable, la modification du plan de prévention des risques naturels (PPRN) de la commune de Banyuls-sur-Mer (66), n° F-076-21-P-0012, présentée par la préfecture des Pyrénées-Orientales, est soumise à évaluation environnementale.

Les objectifs spécifiques poursuivis par la réalisation de cette évaluation environnementale sont ceux explicités dans les motivations de la présente décision. Ils concernent l'ensemble des éléments mentionnés par l'article R. 122-20 du code de l'environnement, et particulièrement les impacts à court, moyen et long terme, directs et indirects, des ouvrages et constructions prescrits ou induits par la modification du PPRN, et de façon incontournable :

- l'exposition d'une population vulnérable à des crues exceptionnelles, au regard de l'enclavement du projet auquel seul un pont franchissant le chenal permet d'accéder,
- le risque de submersion marine et son évolution en tenant compte du changement climatique.

Ils concernent également les incidences du projet de modification du PPR sur les milieux naturels.

Ces objectifs s'expriment sans préjudice de l'obligation pour la personne publique responsable de respecter le contenu de l'évaluation environnementale telle que prévue par l'article R. 122-20 du code de l'environnement.

Cette décision vaut confirmation de la décision implicite de soumission à évaluation environnementale en l'absence de décision dans le délai de deux mois, à compter de la saisine, prévu par le code de l'environnement.

### **Article 2**

La présente décision ne préjuge pas de la légalité de la modification envisagée et ne dispense pas du respect des obligations auxquelles le plan présenté peut être soumis par ailleurs.

Elle ne dispense pas les éventuels projets permis par ce plan des autorisations administratives ou procédures auxquelles ils sont soumis.

### Article 3

La présente décision sera publiée sur le site Internet de la formation d'Autorité environnementale. Cette décision doit également figurer dans le dossier d'enquête publique ou le cas échéant de mise à disposition du public (article L. 123-19).

Fait à La Défense, le 7 avril 2021,

Pour la formation d'autorité environnementale du conseil général de  
l'environnement et du développement durable, son président



Philippe LEDENVIC

## Voies et délais de recours

La présente décision peut faire l'objet d'un recours gracieux formé dans un délai de deux mois à compter de sa notification ou de sa mise en ligne sur internet.

Lorsqu'elle soumet un projet à évaluation environnementale, la présente décision peut également faire l'objet d'un recours contentieux formé dans les mêmes conditions. Sous peine d'irrecevabilité de ce recours, un recours administratif préalable est obligatoire (RAPO) conformément aux dispositions du IV de l'article R. 122-18 du code de l'environnement. Ce recours suspend le délai du recours contentieux.

Le recours gracieux ou le RAPO doit être adressé à :

Monsieur le président de l'Autorité environnementale  
Ministère de la transition écologique  
Conseil général de l'Environnement et du Développement durable  
Autorité environnementale  
92055 La Défense CEDEX

Le recours contentieux doit être formé dans un délai de deux mois à compter du rejet du RAPO. Il doit être adressé à :

Monsieur le président du Tribunal administratif de Cergy-Pontoise  
2-4 Boulevard de l'Hautil  
BP 30 322  
95 027 Cergy-Pontoise CEDEX

La décision dispensant d'évaluation environnementale rendue au titre de l'examen au cas par cas ne constitue pas une décision faisant grief mais un acte préparatoire ; elle ne peut faire l'objet d'un recours contentieux direct, qu'il soit administratif, préalable au contentieux et suspensif du délai de recours contentieux, ou contentieux. Comme tout acte préparatoire, elle est susceptible d'être contestée à l'occasion d'un recours dirigé contre la décision ou l'acte autorisant, approuvant ou adoptant le plan, schéma, programme ou document de planification.





**PRÉFET  
DES PYRÉNÉES-  
ORIENTALES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**DDTM 66**

---

**ETUDE HYDRAULIQUE  
SECTEUR DU CENTRE  
HELIO MARIN A BANYULS-  
SUR-MER (66)**

**Rapport d'étude**


49805 | Mai 2021 - v1 | GDD



**setec  
hydratec**





 2 rue du Libre Echange 31500 TOULOUSE Email : hydra@hydra.setec.fr T : 05.61.58.96.05		Directeur de Projet	VVT		
		Responsable d'affaire	GDD		
		N° Affaire	49805		
<i>Fichier : 49805_RAP_DDTM66_Hydraulique_Banyuls_v1.docx</i>					
V.	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb. pages	Observations / Visa
v1	Mai 2021	GDD	VVT	28	



## TABLE DES MATIERES

1.	CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE .....	6
2.	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE AVANT LES TRAVAUX DE RECONSTRUCTION .....	8
2.1	Description du site avant les travaux .....	8
2.2	Crue de 1987 .....	11
3.	ANALYSE HYDROLOGIQUE .....	13
3.1	Caractéristiques du bassin versant intercepté .....	13
3.2	Calcul des débits de pointe .....	14
3.3	Construction des hydrogrammes de projet .....	16
4.	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU CHENAL .....	17
4.1	Description de l'ouvrage .....	17
4.2	Modélisation hydraulique de l'ouvrage .....	19
4.2.1	Description du modèle .....	19
4.2.2	Résultats de la simulation hydraulique pour une période de retour de 1000 ans .....	19
4.2.3	Prise d'eau du chenal .....	21
5.	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DES FOSSES DE COLATURE .....	23

# 1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

Des travaux de reconstruction du Centre Hélio-Marin de Banyuls-sur-Mer sont en cours. Le projet de reconstruction porte sur la réalisation d'un Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes (EHPAD) et d'une Maison d'Accueil Spécialisée (MAS) sur le site.

Ce site est situé en zone inondable par le Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) de la commune, soit en zone directement exposée à risque fort (zone rouge), soit en zone directement exposée à risque modéré (zone bleue). Afin de mener à bien le projet de reconstruction, des aménagements hydrauliques sont nécessaires pour protéger le terrain du risque d'inondation et le rendre constructible, notamment la création d'un chenal au Sud du site. A l'issue des travaux, le PPRI se verra modifié.

Dans ce cadre, Setec Hydratec a été mandaté en 2017 pour réaliser les études techniques permettant de dimensionner le chenal et l'ensemble des ouvrages hydrauliques associés, en cohérence avec le projet.

En 2021, la DDTM66 a chargé Setec Hydratec d'actualiser la modélisation hydraulique du chenal et de simuler son fonctionnement pour des crues exceptionnelles. Le présent rapport détaille la méthodologie retenue et les résultats obtenus.

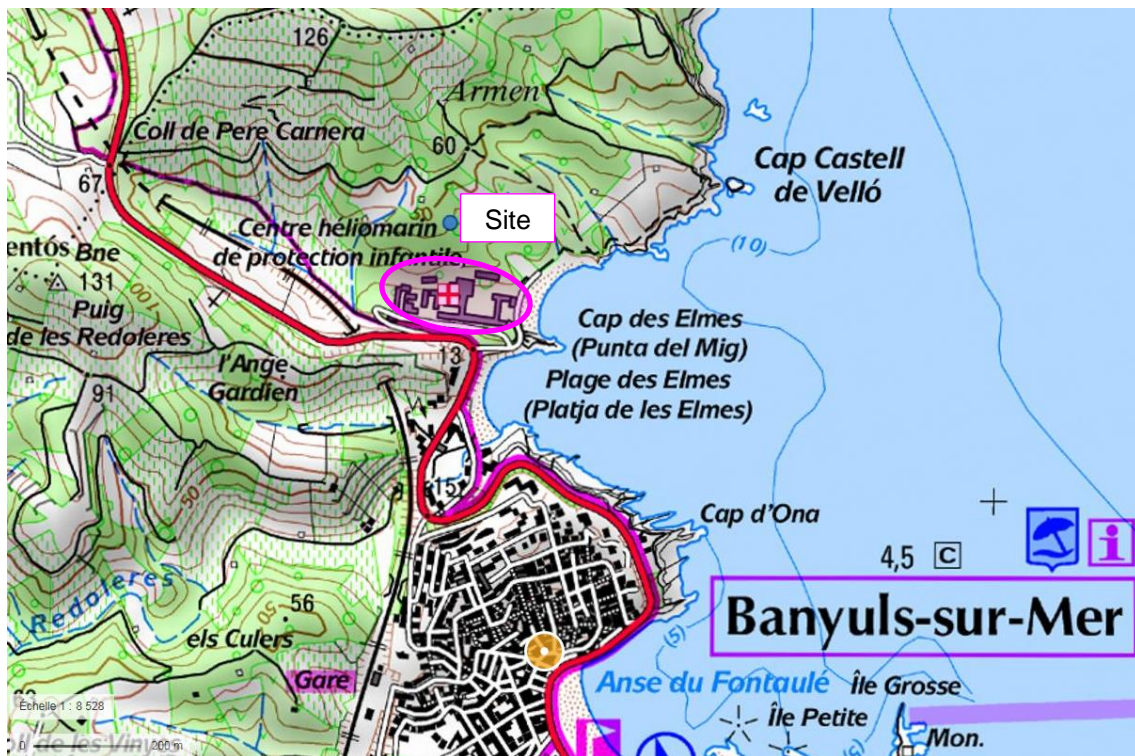


Figure 1 : Localisation du site

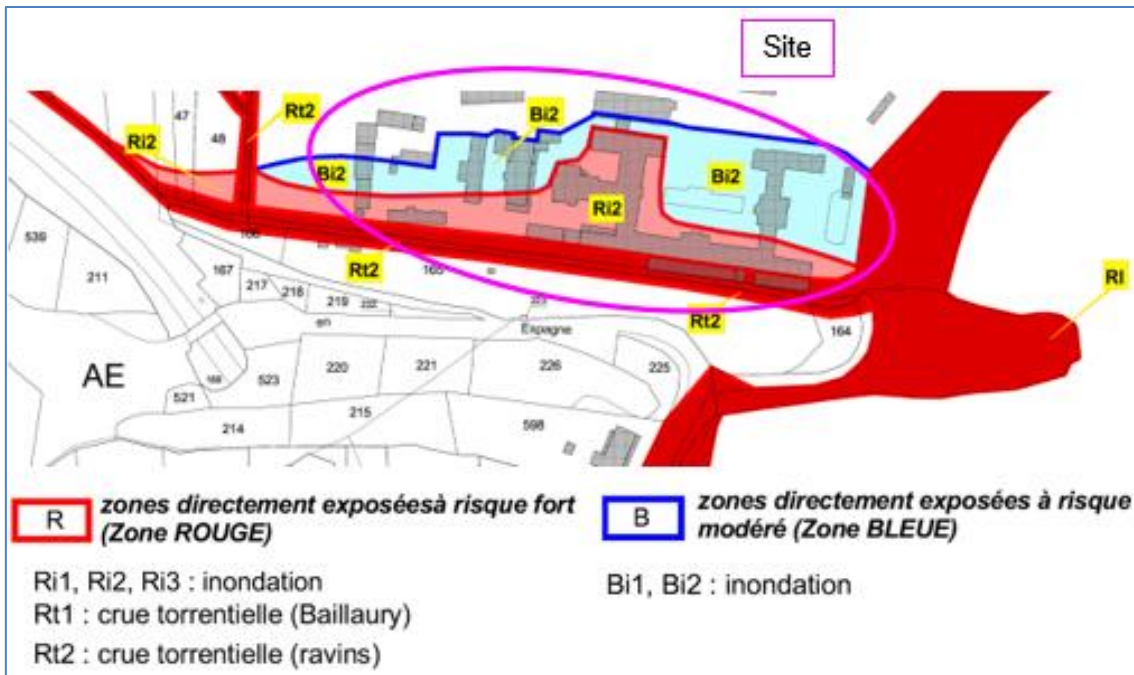


Figure 2 : PPRI de Banyuls-sur-Mer au droit de la zone d'étude

## 2. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE AVANT LES TRAVAUX DE RECONSTRUCTION

### 2.1 DESCRIPTION DU SITE AVANT LES TRAVAUX

Le centre Hélio-Marin de Banyuls a fait l'objet d'une visite par Setec Hydratec en 2017.

Le site est bordé par la mer à l'Est, par la RN 114 au Sud et par des coteaux au Nord. Au Sud la route est en surplomb du site. A l'Ouest, le ravin d'Armen draine les eaux de ruissellement et rejoint le canal situé au Sud du centre Hélio-Marin. On note la présence d'une voie ferrée en remblai traversant le ravin à l'Ouest du centre. Un ouvrage voute permet toutefois aux ruissellements de traverser le remblai et de s'écouler vers le site.



Photos 1 et 2 : Le centre Hélio-Marin vu depuis la plage et le passage sous la voie ferrée

Un caniveau rectangulaire bétonné de 1,26 m de large et 0,46 m de haut longe la voie ferrée en contrebas. Il recueille les eaux des coteaux situés à l'Ouest de la zone d'étude qui sont caractérisés par une forte pente, de l'ordre de 25 %. En aval de l'ouvrage, les eaux ruissellent sur un radier bétonné jusqu'à rejoindre un canal acheminant les écoulements jusqu'au centre Hélio-Marin. Avant les travaux de reconstruction, ce canal faisait transiter les eaux jusqu'à la mer le long de la limite Sud du centre Hélio-Marin.



Photos 3 et 4 : Extrémité aval du caniveau et extrémité amont du canal

Un fossé longeant le centre au Nord drainait une partie des eaux des coteaux Nord et se rejetait dans un caniveau bétonné situé le long de la limite Ouest du site. Ce fossé mesurait 1,2 m de large en crête et 0,5 m de profondeur. Le caniveau aval avait une section rectangulaire de 1,5 m de large et 0,8 m de haut. Il faisait transiter les eaux jusqu'au canal implanté au Sud du centre et mentionné précédemment.



*Photos 5 et 6 : Fossé au Nord et caniveau à l'Ouest du centre Hélio-Marin*

En aval de cette confluence, le canal passait sous le parking du centre Hélio-Marin via un ouvrage de section trapézoïdale. Cet ouvrage mesurait 2,6 m de large en crête, 2,0 m de large au fond et 1,88 m de haut en amont, et seulement 2,1 m de large en crête, 1,6 m de large au fond et 1,3 m de haut en aval. Il se rejetait dans un canal ouvert de 2,1 m de large en crête, 1,6 m de large au fond et 1,5 m de profondeur.



*Photos 7 et 8 : Canal au Sud du centre, extrémité amont du tronçon enterré et tronçon ouvert aval*

L'ensemble des ouvrages est localisé sur la carte page suivante.

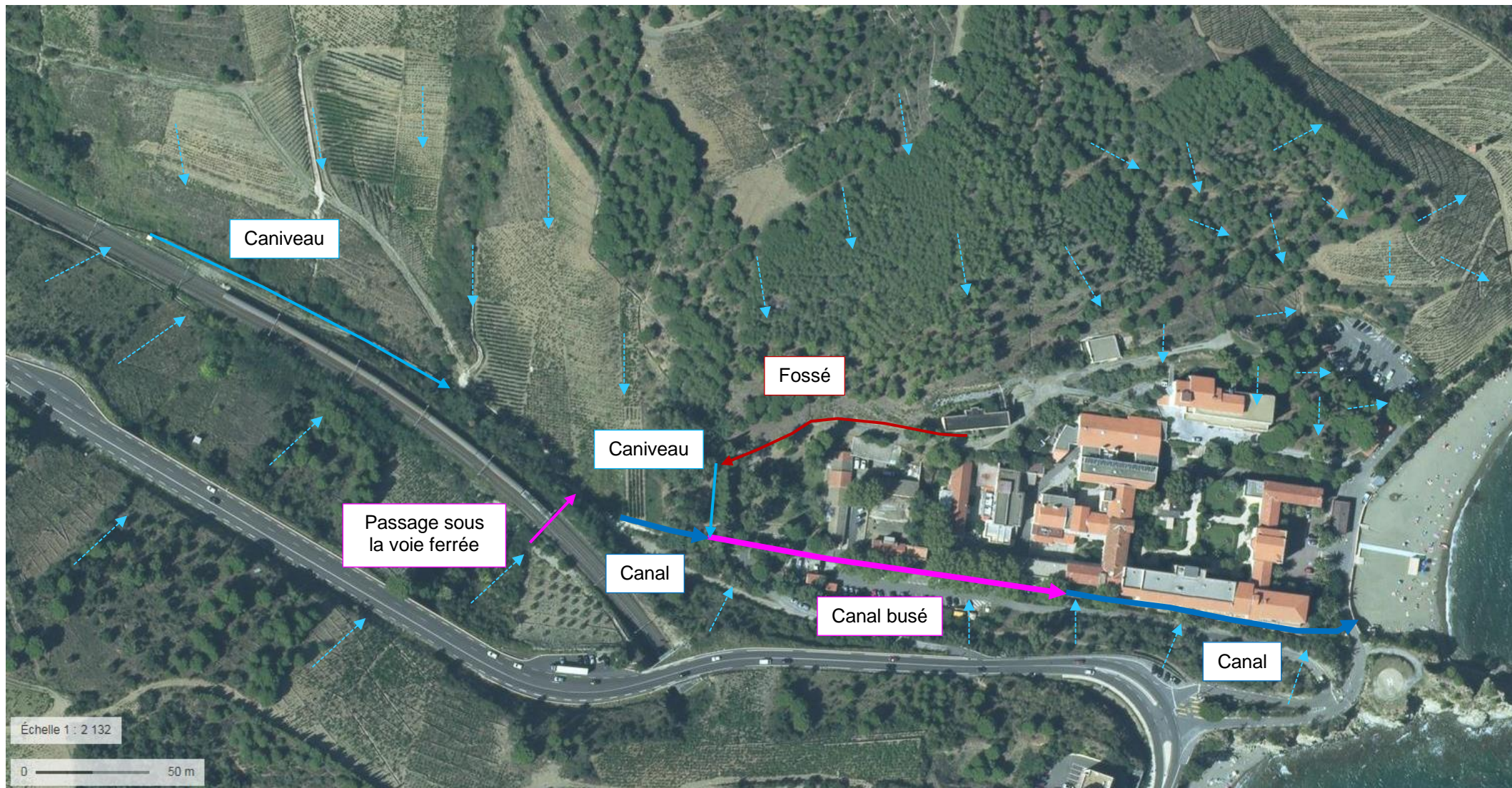


Figure 3 : Fonctionnement hydraulique avant les travaux de reconstruction



La capacité des différents ouvrages a été évaluée grâce à la formule de Manning Strickler :

$$Q = K.S.R^{\frac{2}{3}}.\sqrt{i}$$

avec :

K coefficient de rugosité, pris égal à 20 pour le fossé, 50 pour les caniveaux ouverts et 60 pour le tronçon du canal enterré,

S section en m<sup>2</sup>

R rayon hydraulique : R = S/P

P périmètre en m

i pente du tronçon en m/m, estimée grâce à la carte IGN et aux levés topographiques réalisés dans le cadre du projet

La capacité de plein bord de chacun est détaillée dans le tableau ci-après.

Ouvrage	Largeur en crête (m)	Largeur au fond (m)	Profondeur (m)	Coefficient de Strickler	Pente (m/m)	Débit capable (m3/s)
Caniveau en contrebas de la voie ferrée	1,26	1,26	0,46	50	0,036	2,28
Fossé au Nord du site	1,20	0,00	0,50	20	0,057	0,48
Caniveau à l'Ouest du site	1,50	1,50	0,80	50	0,042	6,55
Canal enterré (amont)	2,60	2,00	1,88	60	0,019	24,19
Canal enterré (aval)	2,10	1,60	1,30	60	0,019	11,04
Canal ouvert aval	2,10	1,60	1,50	50	0,014	11,59

Tableau 1 : Capacité des ouvrages hydrauliques existants

## 2.2 CRUE DE 1987

En octobre 1987, le ravin d'Armen a provoqué de fortes inondations dans le centre Hélio-Marin. En sortie du pont SNCF, l'eau provenant du Sud-ouest de la voie ferrée a affouillé la berge gauche du bief situé le long de la voie au Nord-est, et la lame d'eau du ravin a quitté son lit rive gauche pour se diriger vers le centre Hélio-Marin. En outre, les turbulences en sortie du pont ont également affouillé le remblai SNCF qui s'est partiellement écroulée, augmentant encore les débordements du ravin. *Cette zone a depuis fait l'objet de travaux suite à la crue : confortement par un mur de soutènement et mise en place d'un radier bétonné au droit du ravin qu'on peut observer sur la photo 4 page 8.*

La lame d'eau s'est écoulee rive gauche sur les terres agricoles à l'Ouest du centre Hélio-Marin et a été ralentie par des rangées de grillage perpendiculaires au flot contre lesquels se sont accumulées les embâcles. Lorsque ces grillages ont cédé sous la charge des volumes d'eau débordés, ceux-ci ont été libérés d'un coup, occasionnant une vague qui a noyé le site en occasionnant de nombreux dégâts. Le canal enterré situé au Sud du site n'a pas été saturé d'après les témoignages. Il n'a pas joué son rôle car les débordements ont eu lieu en amont.

La carte ci-après présente les écoulements en amont du centre Hélio-Marin. Le zonage du PPRI est délimité en rouge (aléa fort) et en bleu (aléa moyen). Le plan topographique en fond correspond à la situation après les travaux post-crue.

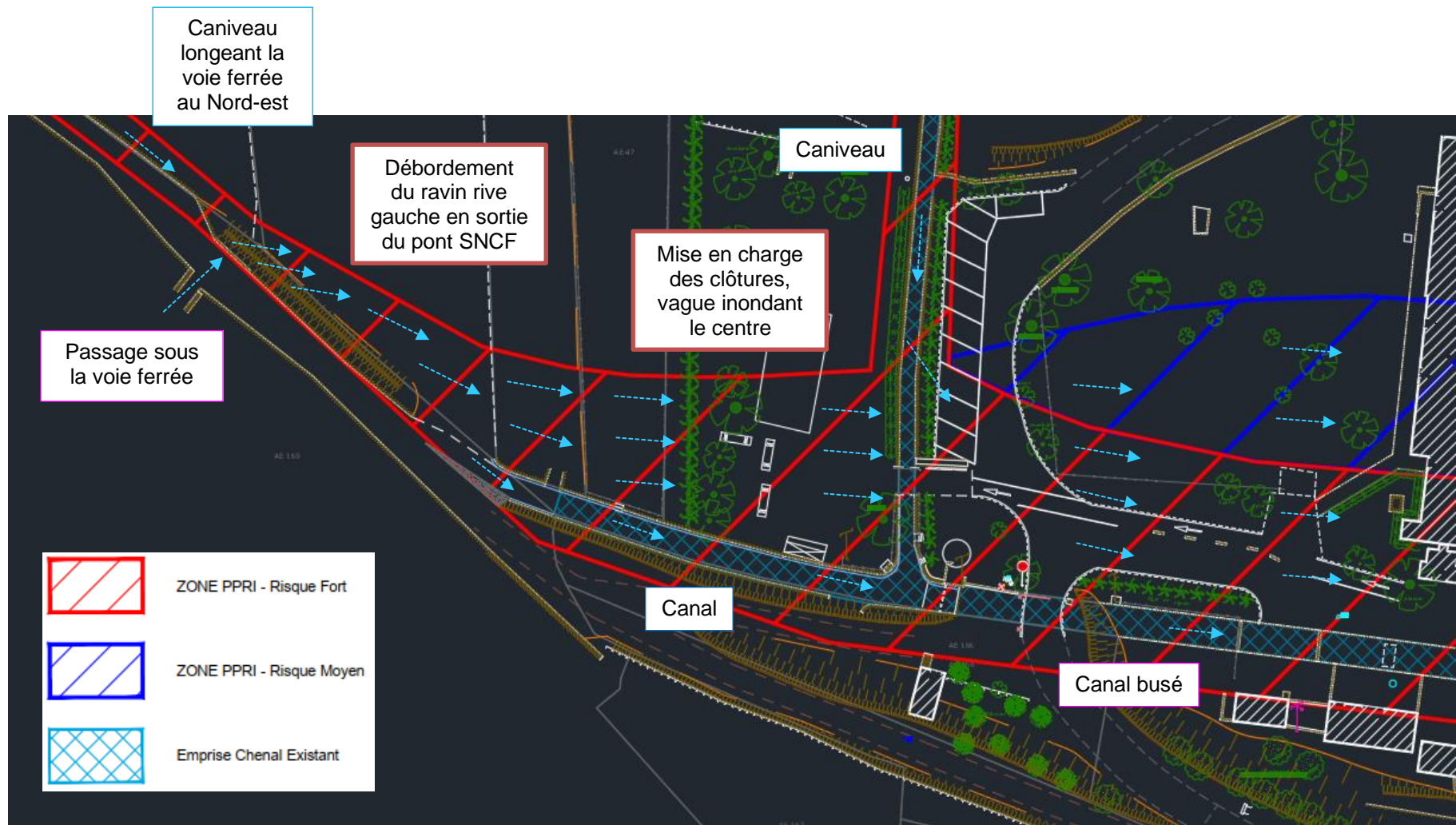


Figure 4 : Ecoulements observés lors de la crue de 1987

### 3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

#### 3.1 CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT INTERCEPTÉ

Le bassin versant intercepté par le projet a été délimité sur la carte ci-dessous.

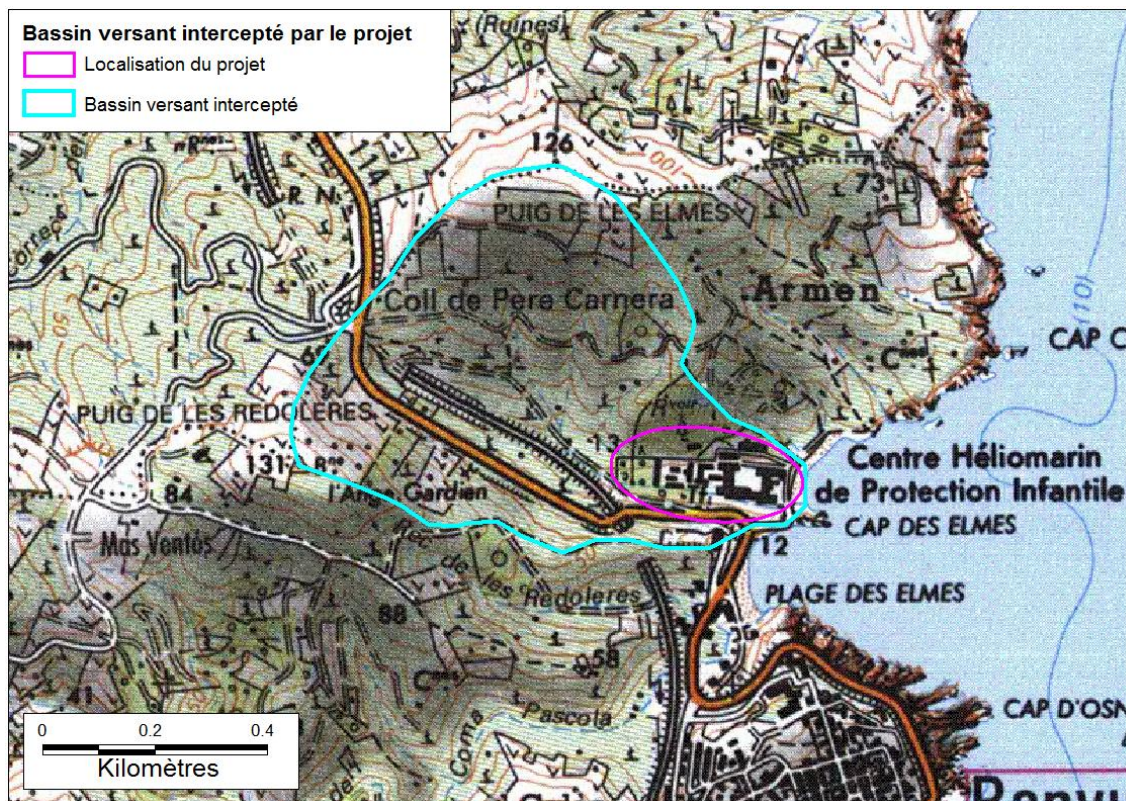


Figure 5 : Bassin versant intercepté par le projet

Ses caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Surface	Zmax	Zmin	Longueur du plus long chemin hydraulique	Pente moyenne
39,31 ha	131 m NGF	0 m NGF	1000 m	0,131 m/m

Tableau 2 : Caractéristiques du bassin versant

Les bassins versants sont également caractérisés par un coefficient de ruissellement. Ce coefficient de ruissellement représente la fraction du débit ruisselé de la pluie nette par rapport au débit de pluie brute. Il permet de prendre en compte les pertes par infiltration dans le sol, par évaporation et par évapotranspiration. Il est donc fonction de la nature du sol, de sa morphologie et de la couverture végétale.

Le bassin versant étudié est caractérisé par une pente moyenne importante, de l'ordre de 13 %. Il est occupé par des parcelles cultivées et des parcelles boisées. **Un coefficient de ruissellement  $C_r = 0,8$  a été retenu.**

On estime ensuite le temps de concentration avec la formule de Bressand-Golossof :

$$t_c = 60 \times 0,025 \times \frac{L^{0,75}}{p + 0,08}$$

avec  $t_c$  le temps de concentration en minutes,  $L$  la longueur d'écoulement en km et  $p$  la pente du bassin en m/m.

**Le temps de concentration du bassin versant étudié est ainsi estimé à 7 min.**

## 3.2 CALCUL DES DEBITS DE POINTE

Le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant intercepté par le projet a été estimé avec la méthode du gradex pour des périodes de retour de 100 et 1000 ans.

Cette méthode a été développée par EDF dans les années 1960 afin d'estimer les débits des crues extrêmes pour le dimensionnement des grands aménagements de type barrages. Elle est basée sur l'hypothèse qu'au-delà d'une période de retour pivot, la rétention moyenne de bassin versant est constante. Les débits rares s'ajustent donc selon la pente (le "gradex") des valeurs extrêmes de pluies. Une telle hypothèse entraîne une rupture de la pente de la relation du débit en fonction du temps de retour au niveau du débit de période de retour pivot. En l'absence de données hydrométriques permettant de trouver le pivot, celui-ci est pris égal à 10 ans.

$$Q_{j_T} = Q_{j_{10}} + g_q \times (U_T - U_{10}) \quad \text{et} \quad Q_{ix_T} = Q_{j_T} \times \text{ratio} \left( \frac{Q_{ix}}{Q_j} \right)$$

$$Q_{ix_T} = Q_{ix_{10}} + \text{ratio} \left( \frac{Q_{ix}}{Q_j} \right) g_q \times (U_T - U_{10})$$

avec :

$Q_{ix_{10}}$ , le débit décennal de pointe validé ou  $Q_{j_{10}}$  le débit moyen décennal validé

$$U_T = -Ln(-Ln(1 - \frac{1}{T})) \quad \text{avec } T \text{ la période de retour choisie}$$

$$g_q \text{ le gradex des pluies converti en m}^3/\text{s}, \text{ obtenu par } g_q = \frac{S \times g_p}{0,06 \times (t_c \text{ ou } 1j)}$$

avec :

$S$  surface du BV en km<sup>2</sup>

$t_c$  temps de concentration du BV en min

$g_p$  le gradex des pluies qui a été estimé à partir des pluies décennale et centennale :

$$g_p = \frac{P(tc)_{100} - P(tc)_{10}}{U_{100} - U_{10}} \quad \text{ou} \quad g_p = \frac{Pj_{100} - Pj_{10}}{U_{100} - U_{10}}$$

où  $P(Tc)$  est la quantité de pluie recueillie au cours d'un épisode pluvieux d'une durée égale au temps de concentration et  $Pj$  est la pluie journalière.

La formule de Montana permet de relier une quantité de pluie  $P(t)$  recueillie au cours d'un épisode pluvieux avec sa durée  $t$  :  $P(t) = a.t^{(1-b)}$ . Les coefficients de Montana  $a$  et  $b$  utilisés sont ceux calculés à Perpignan et présentés ci-après.

Coefficients de Montana a et b pour $H=a \cdot t^{(1-b)}$ avec H en mm et t en min				
Période de retour	Pluies de durée 6 min à 1 h		Pluies de durée 1 h à 24 h	
	a	b	a	b
5 ans	3,244	0,402	6,821	0,587
10 ans	3,391	0,363	8,138	0,582
20 ans	3,457	0,321	9,606	0,579
30 ans	3,448	0,295	10,529	0,577
50 ans	3,419	0,262	11,783	0,576
100 ans	3,329	0,215	13,661	0,574

Tableau 3 : Coefficients de Montana à la station Météo-France de Perpignan

Le ratio entre le débit de pointe  $Q_{ix}$  et le débit journalier  $Q_j$  d'un bassin versant a été estimé grâce à la formule de Fuller :

$$\frac{Q_{ix}}{Q_j} = 1 + \left( \frac{2,66}{S} \right)^{0,3}$$

Soit un ratio de 2,8 pour le bassin versant étudié.

Le débit décennal de pointe  $Q_{ix10}$  du bassin versant a été estimé avec la méthode rationnelle :

$$Q = \frac{C(T) \times I(T) \times A}{3.6}$$

avec

A, surface du BV en km<sup>2</sup>

I(T), intensité moyenne en mm/h pour la période de retour T pendant le temps de concentration  $t_c$  (min), calculée à l'aide de la formule de Montana :  $I = 60.a.t^{-b}$

Les coefficients de Montana a et b utilisés sont ceux calculés à Perpignan pour des pluies de la durée du temps de concentration.

C(T), coefficient de ruissellement pour la période de retour T

Le débit décennal est ainsi estimé à 9 m<sup>3</sup>/s.

Les hauteurs de pluie cumulées pendant un épisode pluvieux de la durée du temps de concentration du bassin versant, précédemment évalué à 7 min, sont estimées à 12 mm pour T = 10 ans et à 16 mm pour T = 100 ans, soit un gradex des pluies  $g_p = 1,6$  mm. Converti en m<sup>3</sup>/s, ce gradex est de :  $g_q = 1,45$  m<sup>3</sup>/s.

**La méthode du gradex estime ainsi le débit centennal à 18 m<sup>3</sup>/s et le débit millénal à 27 m<sup>3</sup>/s.**

### 3.3 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES DE PROJET

Les hydrogrammes synthétiques des crues centennale et millénaire ont été construits à partir de la formule du Cemagref :

$$Q(t) = \frac{Q_p \times 2 \times \left(\frac{t}{D}\right)^\alpha}{1 + \left(\frac{t}{D}\right)^{2\alpha}}$$

avec :

$Q_p$  le débit de pointe, estimé précédemment

$D$  la durée de Socose, pris égal au temps de concentration soit 7 min

$\alpha$  le coefficient de calage (coefficient de forme), pris égal à 2, pour être cohérent avec la forme obtenue avec l'hydrogramme unitaire de Socose

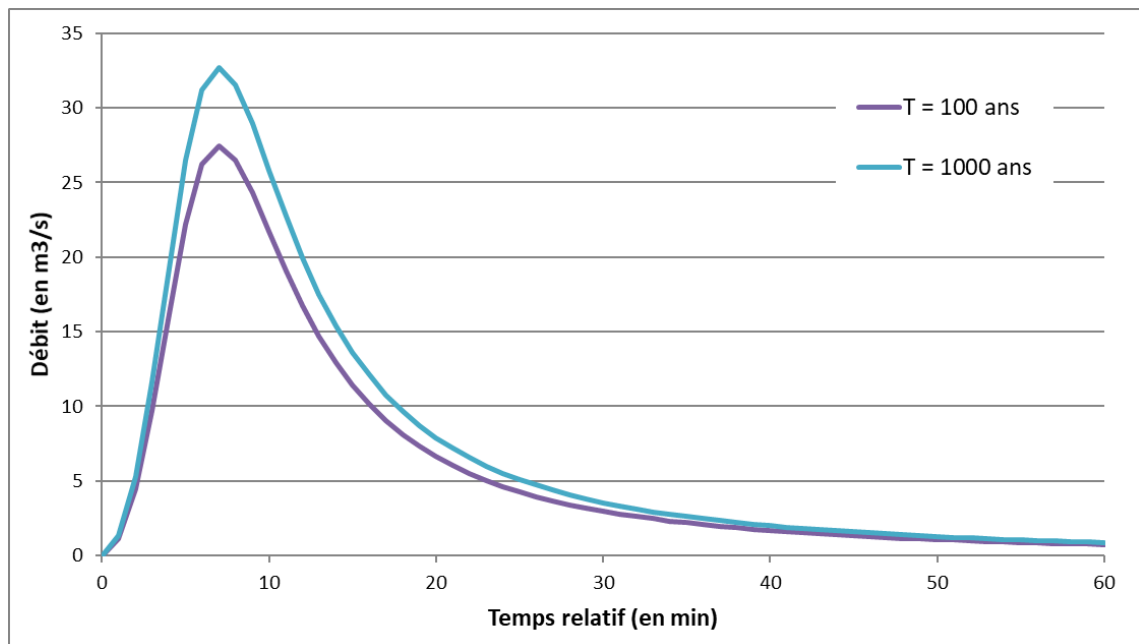


Figure 6 : Hydrogrammes des crues pour T= 100 ans et T = 1000 ans

## 4. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU CHENAL

### 4.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Avant la reconstruction, un canal existant au Sud du site acheminait les eaux du ravin d'Armen depuis l'Ouest du site jusqu'à la mer, mais il n'avait pas une capacité suffisante pour drainer les eaux pour une période de retour de 100 ans. Afin de protéger le terrain du risque d'inondation et de le rendre constructible, l'aménagement d'un chenal à l'emplacement du canal au Sud du centre Hélio-marin a été préconisé lors d'étude hydraulique menée par Setec Hydratec en 2017. Sa pente moyenne est de 0,018 m/m (pente du terrain naturel).

Le chenal est présenté sur les plans ci-après. Ses berges sont protégées par des enrochements libres sur la partie basse, et bétonnés sur la partie haute. L'arase est bétonnée, et localement surélevée par des gabions. La berge Sud est longée par un muret.

Ce fossé est alimenté par un fossé de colature en matelas Reno présenté dans la suite du présent rapport.



Figure 7 : Plan EHPAD APD en cours (avril 2021)

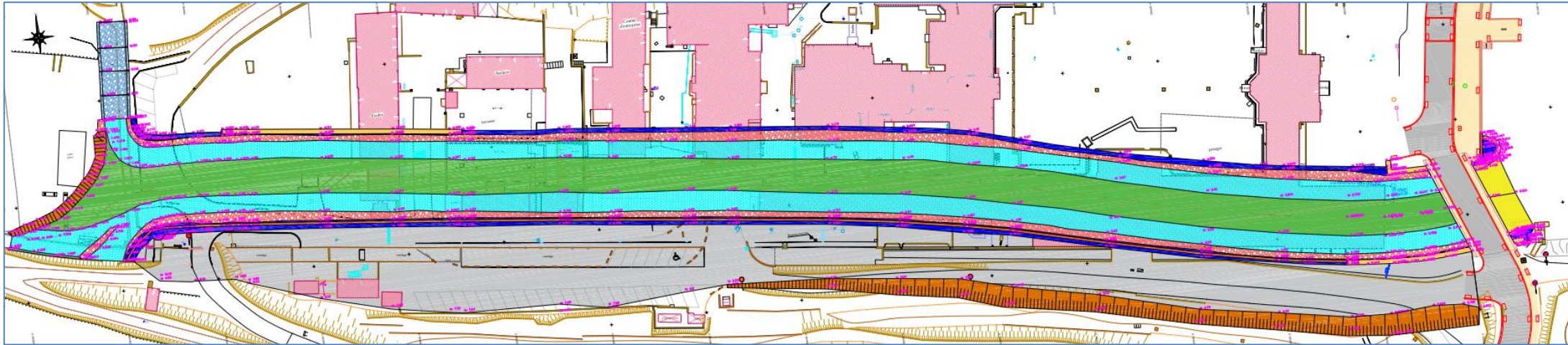


Figure 8 : Plan de recollement du chenal (avril 2021)



## 4.2 MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'OUVRAGE

### 4.2.1 Description du modèle

Le chenal a été représenté avec un modèle filaire construit avec le logiciel Hydra, développé par Setec Hydratec depuis plus de 30 ans, et totalement immergé dans l'environnement QGIS. C'est un outil de simulation complet, basé sur la résolution des équations de Barré de Saint Venant unidimensionnelles et bidimensionnelles. Une présentation du logiciel et de ses principales fonctionnalités est disponible sur le site internet <http://hydra-software.net/>.

Un coefficient de Strickler de 30 a été adopté pour modéliser la rugosité de l'ouvrage.

#### Conditions limites :

Les hydrogrammes de crues estimés dans le chapitre 3.3 sont injectés en amont du modèle.

En aval le niveau de la mer avait été fixé à 2,60 m NGF lors de l'étude menée en 2017. Ce niveau, qui avait été imposé par l'agence RTM du Massif Pyrénées, correspond à une période de retour supérieure à 50 ans en considérant le marnage, la hauteur de houle et la montée des eaux due au réchauffement climatique (horizon 2100).

A la demande de la DDTM 66, un niveau marin de 2 m NGF a été retenu pour les simulations des crues exceptionnelles. Le radier du chenal au droit de la plage étant à 2,2 m NGF, soit 20 cm plus haut, une condition limite aval de type régime uniforme est imposée en aval du modèle.

### 4.2.2 Résultats de la simulation hydraulique pour une période de retour de 1000 ans

Le fonctionnement hydraulique du chenal a été modélisé pour une crue centennale avec un niveau de mer fixé à 2 m NGF, comme détaillé précédemment. La ligne d'eau maximale et la ligne de charge obtenues dans l'ouvrage sont exposées ci-après.

La ligne de charge permet de tenir compte de la hauteur de remous calculée avec la formule suivante :

$$h_{\text{remous}} = \frac{V^2}{2g}$$

avec :

$h_{\text{remous}}$  la hauteur de remous

$V$  la vitesse d'écoulement

$g$  la gravité.

La vitesse de l'écoulement dans le chenal est de l'ordre de 2,8 m/s. L'écoulement est torrentiel avec un nombre de Froude de 1,15. La hauteur des remous est estimée à 40 cm avec la formule ci-dessus.

**La profondeur du chenal est suffisante pour acheminer un écoulement de période de retour 1000 ans sans débordement, avec une revanche minimale de 50 cm environ sous la hauteur de remous.**

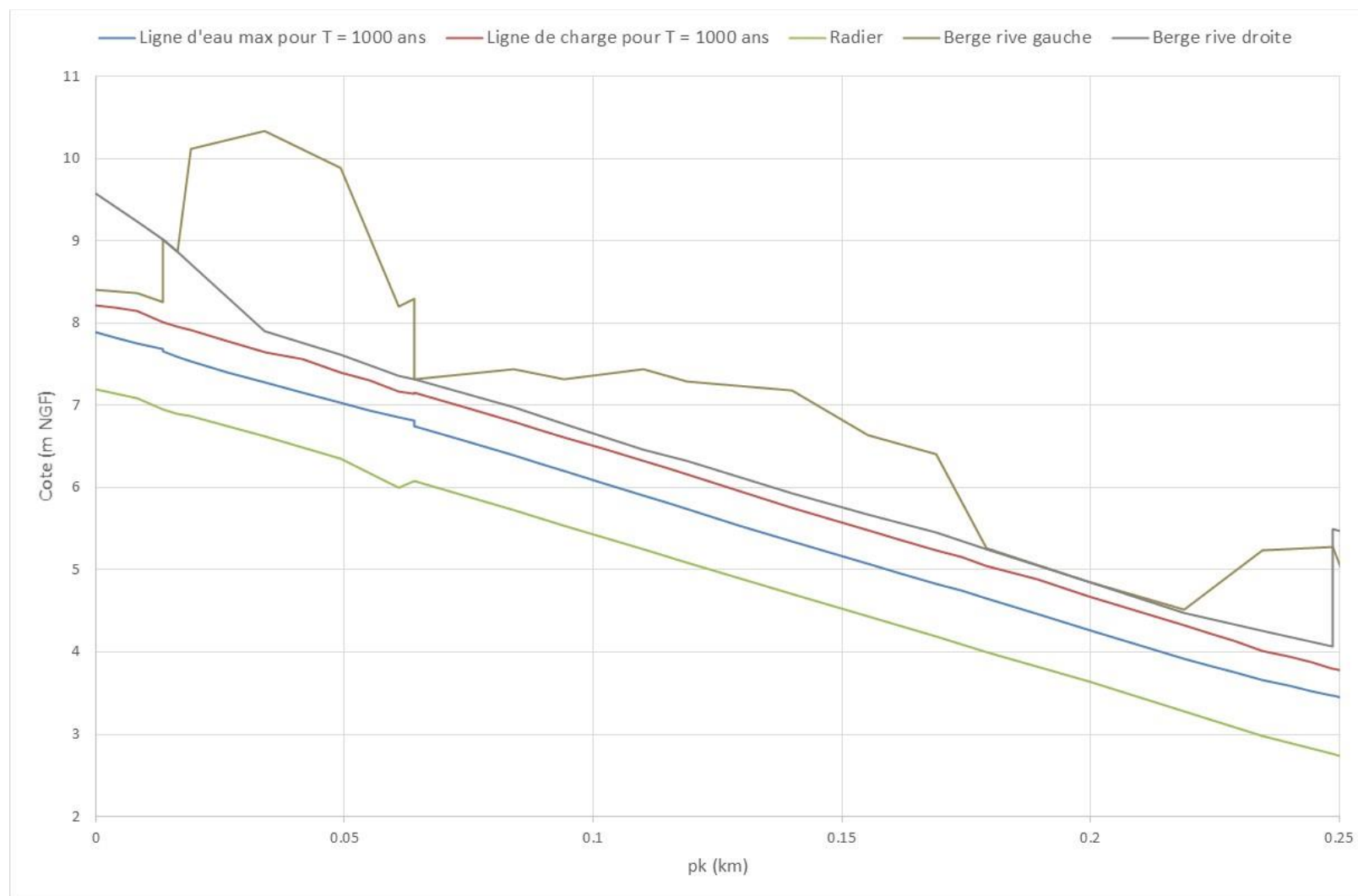


Figure 9 : Lignes d'eau maximale et ligne de charge dans le chenal pour T = 1000 ans

### 4.2.3 Prise d'eau du chenal

Les dégâts de la crue de 1987 avaient été causés par des débordements en amont du centre Hélio-Marin, comme détaillé dans le chapitre.2.2. Une large lame d'eau s'écoulant sur les terrains rive gauche du canal existant avait inondé le site. La prise d'eau du canal a donc été conçue suffisamment large pour collecter les eaux si une telle crue se reproduisait, comme illustré sur la figure ci-après.

**L'aménagement de ce chenal protège donc le site même en cas de débordement en amont tel qu'observé en 1987. L'ensemble des ruissellement amont sont drainés par le chenal, qui a une capacité suffisante pour acheminer les eaux d'une crue de période de retour 1000 ans.**

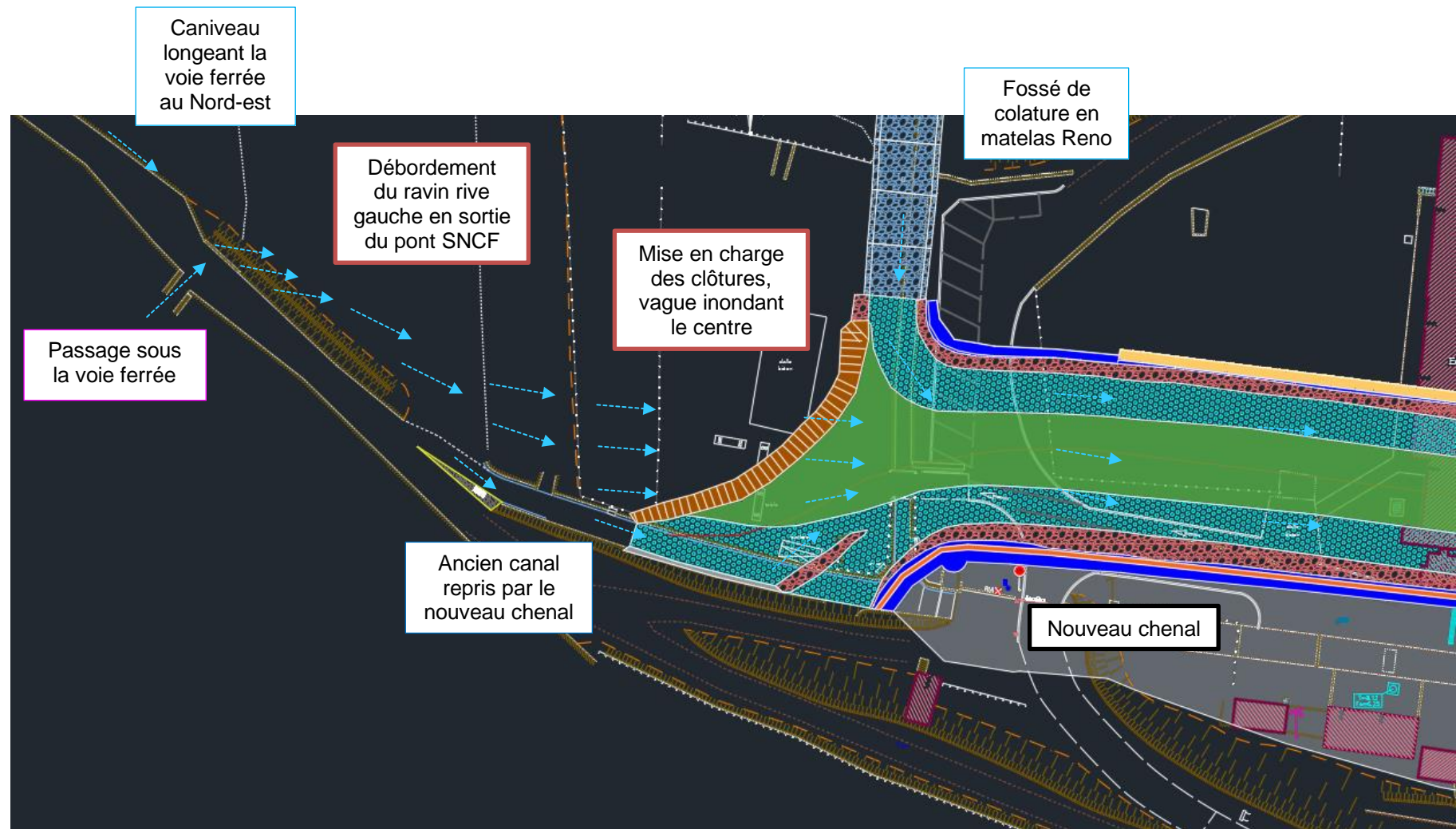


Figure 10 : Fonctionnement de la prise d'eau du chenal avec des écoulements similaires à ceux observés lors de la crue de 1987

## 5. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DES FOSSES DE COLATURE

Ouest acheminera les eaux de ruissellement du talus jusqu'à l'amont du chenal projeté décrit précédemment. Le fossé Est fera transiter le ruissellement intercepté directement jusqu'à la plage.

La pente du terrain naturelle est de 9,3 % pour le fossé Ouest et de 5,3 % pour le fossé Est. Ces pentes ne permettent pas la mise en place d'ouvrages en terre, les fortes vitesses d'écoulement engendrant une érosion importante. Avec des ouvrages bétonnés l'eau risque d'éroder les pieds de berge jusqu'à rupture du revêtement.

Un revêtement en matelas Reno d'épaisseur 20 cm est préconisé afin d'assurer une protection durable contre les phénomènes d'érosion en pied de berge. En cas de tassement, ce revêtement se déforme et suit les mouvements du terrain.

Par ailleurs, afin de limiter la vitesse des écoulements les fossés seront découpés en tronçon de pente 4 % séparés par des chutes de hauteur 50 cm maximum. Ces chutes seront stabilisées par des gabions de section verticale 50 cm x 50 cm qui permettront également de maintenir le matelas Reno en place. Des gabions de blocage doivent être installés en complément de manière à stabiliser le revêtement tous les 20 m. Le fruit de talus des fossés est fixé à 3 H / 2 V pour une bonne stabilité du matelas Reno.

Un géotextile non tissé est à poser à l'interface entre les matelas Reno ou les gabions et le terrain reprofilé.

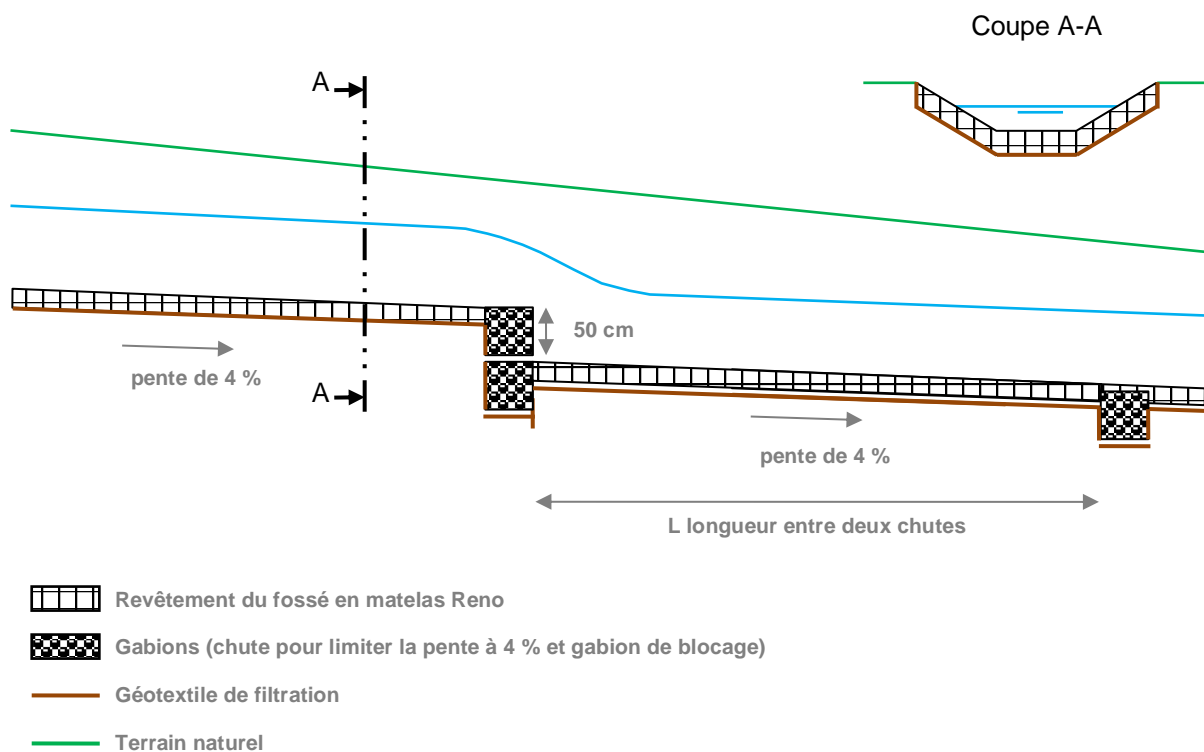
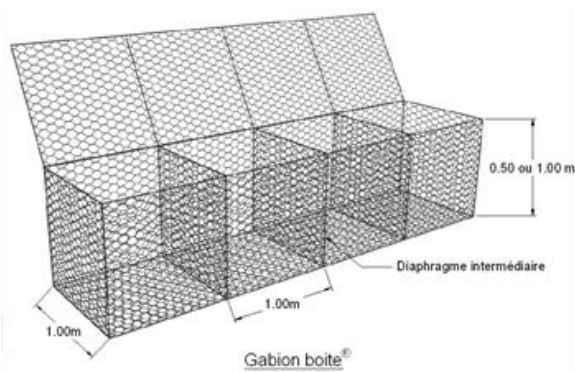


Figure 11 : Schéma d'un fossé à forte pente

La longueur entre deux chutes L est estimée à 9,5 m environ pour le fossé Ouest avec 13 chutes au total et à 40 m pour le fossé Est avec 4 chutes au total.

**Un gabion** désigne une cage métallique qui est remplie de pierres. Les gabions sont fabriqués à partir de grillage double torsion avec ligature à chaque intersection des fils. Généralement on remplit les gabions avec des pierres rugueuses et anguleuses. La densité de remplissage doit être approximativement de 60% du gabion. C'est pour cette raison que le remplissage du gabion est une étape cruciale. Les pierres sont disposées de telle sorte que les vides soient minimalisés.

Figure 12 : Représentation de gabion (source : Maccaferri)



**Un matelas Reno** est une structure parallélépipédique plate constituée de cellules séparées par doubles diaphragmes (intervalles 1 m), fabriquées par pliage d'une seule nappe de grillage constituant le fond, les côtés et les diaphragmes. Le couvercle, indépendant, peut-être pour de grandes longueurs, constitué d'un rouleau de grillage double torsion ou d'une géogrille tridimensionnelle renforcée par grillage double torsion pour une végétalisation de l'ouvrage. Pour le remplissage, il est recommandé d'utiliser des enrochements de granulométrie 90/130 conformément à la norme EN 13383-1. Le remplissage se fait à l'aide d'engins module par module. Il est cependant nécessaire d'égaliser manuellement le remplissage des pierres dans les angles et en surface pour assurer un remplissage optimal.

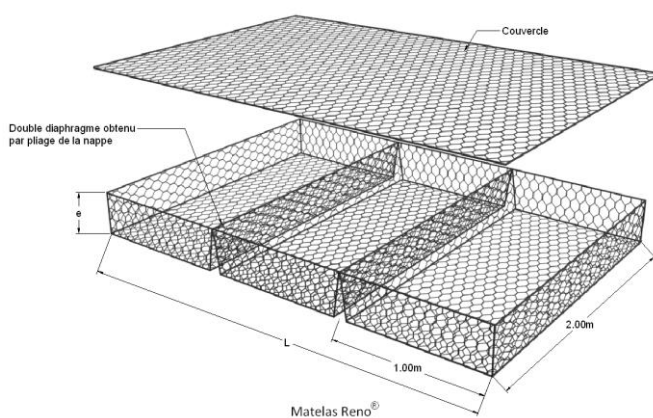


Figure 13 : Représentation de matelas Reno (Source : Maccaferri)



Figure 14 et 15 : Exemple de gabions et de matelas Reno (source : Maccaferri)

Les fossés à créer ont été dimensionnés avec la formule de Manning Strickler pour une période de retour de 100 ans en considérant une revanche suffisante pour éviter les débordements par remous. Cette revanche est prise égale à 20 cm au minimum.

$$Q = K.S.R^{\frac{2}{3}}.\sqrt{i}$$

avec :

K coefficient de rugosité pris égal à 25 (matelas Reno)

S section en m<sup>2</sup>

R rayon hydraulique : R = S/P

P périmètre en m

i pente du tronçon en m/m prise égal à 4 % grâce aux chutes en gabions

$$h_{\text{remous}} = \frac{V^2}{2g}$$

avec :

$h_{\text{remous}}$  la hauteur de remous

V la vitesse d'écoulement

g la gravité.

Les débits drainés par chacun des deux fossés ont été calculés à partir du débit total intercepté par le site et du ratio de surface drainée par l'ouvrage.

Le dimensionnement des fossés préconisés pour T = 100 ans est détaillé dans le tableau page suivante.

Deux autres tableaux présentent une estimation du fonctionnement hydraulique des ouvrages pour des périodes de retour de 400 et 1000 ans. Le débit drainé par la zone d'étude pour une période de retour de 400 ans a été estimé avec la méthode du gradex exposée dans le chapitre 3.

Ouvrage	Superficie drainée (ha)	Débit drainé Q100 (m3/s)	Largeur en crête (m)	Largeur au fond (m)	Profondeur (m)	Talus	Coefficient de Strickler	Pente (m/m)	Débit capable (m3/s)	Vitesse (m/s)	Revanche (m)
Fossé de colature Ouest	1,30	0,60	1,90	0,10	0,60	3/2	25	0,040	1,24	1,61	0,2
Fossé de colature Est	0,67	0,31	1,60	0,10	0,50	3/2	25	0,040	0,78	1,33	0,2

Tableau 4 : Dimensionnement des fossés de colature pour T = 100 ans

Ouvrage	Débit drainé Q400 (m3/s)	Profondeur (m)	Hauteur d'eau (sans remous) (m)	Vitesse (m/s)	Hauteur de remous (m)	Hauteur d'eau avec remous (m)	Revanche (m)	Lame d'eau débordant (m)
Fossé de colature Ouest	0,79	0,60	0,44	1,77	0,16	0,60	-	-
Fossé de colature Est	0,40	0,50	0,32	1,47	0,11	0,43	0,07	-

Tableau 5 : Fonctionnement hydraulique des fossés de colature pour T = 1000 ans

Ouvrage	Débit drainé Q1000 (m3/s)	Profondeur (m)	Hauteur d'eau (sans remous) (m)	Vitesse (m/s)	Hauteur de remous (m)	Hauteur d'eau avec remous (m)	Revanche (m)	Lame d'eau débordant (m)
Fossé de colature Ouest	0,91	0,60	0,49	1,86	0,18	0,66	-	<b>0,06</b>
Fossé de colature Est	0,47	0,50	0,36	1,55	0,12	0,48	0,02	-

Tableau 6 : Fonctionnement hydraulique des fossés de colature pour T = 1000 ans

**Le fossé Est qui achemine les eaux de ruissellement jusqu'à la mer ne déborde pas, même pour un évènement de période de retour 1000 ans. Le fossé Ouest déborde pour des évènements de période de retour supérieure à 400 ans. Pour une période de retour de 1000 ans, la lame d'eau débordante a été évaluée à 6 cm.**



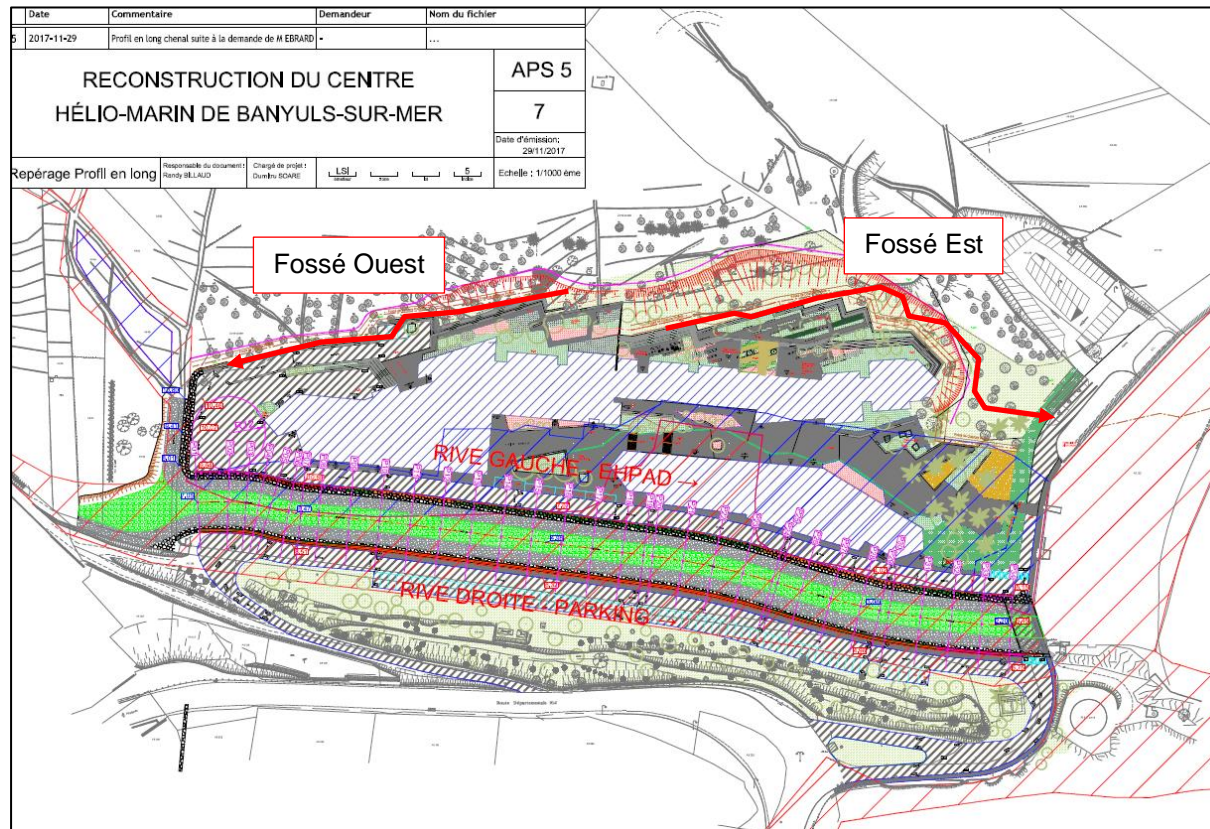


Figure 16 : Implantation des fossés de colature prévus

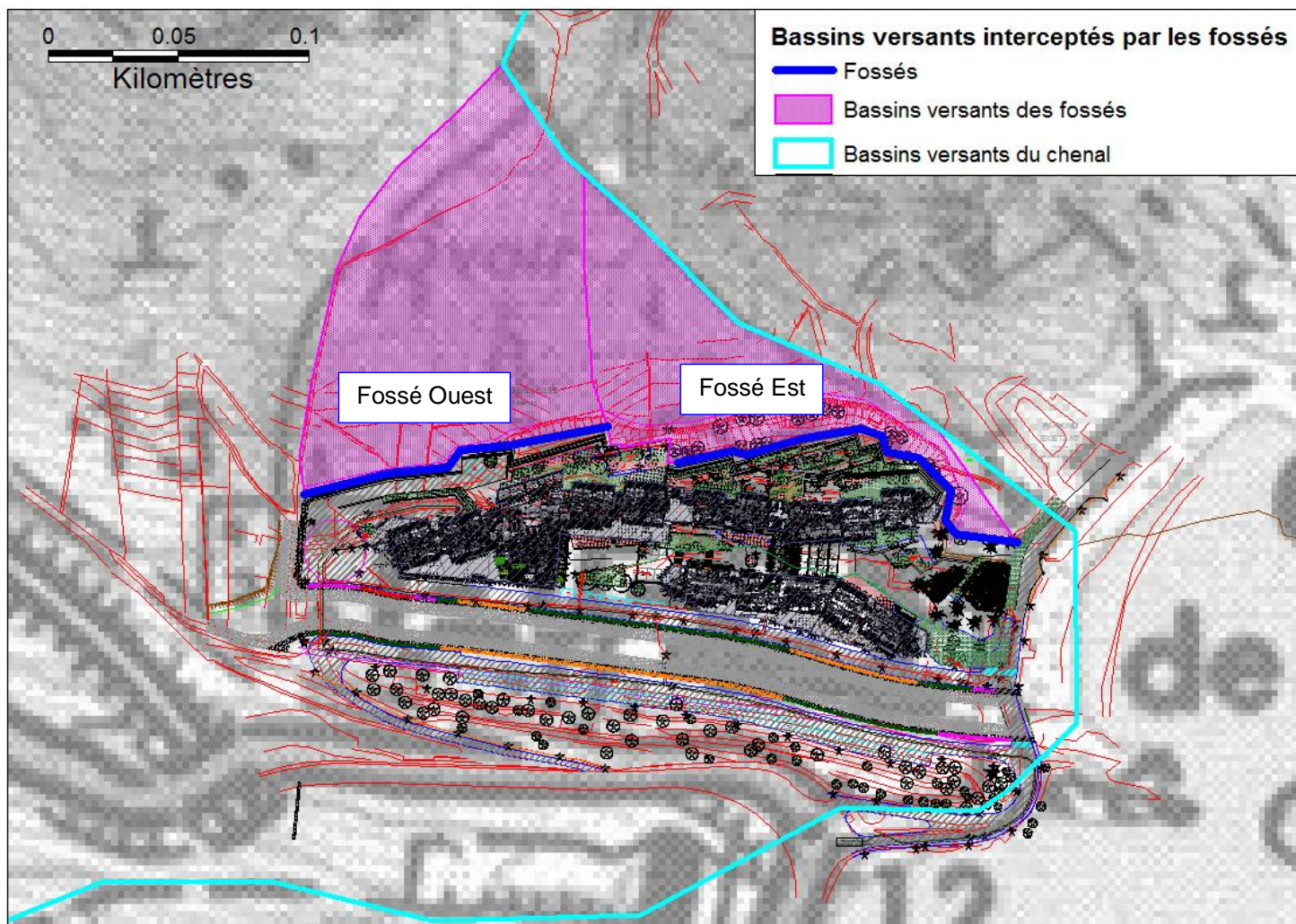


Figure 17 : Délimitation des bassins versants des fossés de colature prévus

### PJ n° 3 – localisation du chemin reliant la RD 914 au CHM



## ■ JE SUIS CITOYEN, JE ME PRÉPARE A FAIRE FACE À UNE INONDATION



Couverture du guide

- Je prépare ma famille à faire face à une éventuelle inondation :
  - En réfléchissant aux actions possibles pour réduire les risques pour mes proches.  
Ex : mise à l'abri à l'étage.
  - En préparant un **Plan familial de Mise Sûreté (PFMS)**. Voir sur <http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/06/Pfms.pdf>.
  - En constituant un **kit familial d'urgence** (voir composition dans le guide PFMS).
  - ...
- Je vérifie que je suis bien sur les listes d'appels d'urgence de la mairie.
- Je vérifie auprès de mon assurance mes garanties en cas de catastrophes naturelles.
- J'organise et j'agis sur ma maison et mes biens pour qu'ils soient moins sensibles aux inondations.
  - Surélévation ou déplacement des équipements coûteux en rdc.
  - Stationnement de mon véhicule hors d'eau en cas de vigilance météorologique.
  - Limitation des entrées d'eau, notamment par l'installation de batardeaux.
  - ...

## PENDANT L'ÉVÉNEMENT

### ■ JE SUIS CITOYEN, JE SUIS ATTENTIF AUX INFORMATIONS ET CONSIGNES

- Je suis attentif aux prévisions météorologiques.
- Je suis attentif aux consignes des autorités en période de vigilance.
- Je consulte les sites de la mairie, de Météo France (<http://vigilance.meteofrance.com/>) et de Vigicrues (<https://www.vigicrues.gouv.fr/>).
- Je consulte les différents vecteurs d'informations : radio, TV, réseaux sociaux ...
- Se renseigner auprès des mairies sur les lieux d'accueil en cas d'évacuation.

## ■ LORSQUE L'ALERTE EST DONNÉE, OU QUE LA SITUATION S'AGGRAVE

### Si je peux rester à l'abri dans ma maison...

#### JE DOIS :

- = Allumer la radio et attendre les consignes.
- = M'informer (voir ci-dessus).
- = Couper le gaz et l'électricité.
- = Placer les produits toxiques en hauteur.
- = Obtenir les entrées d'eau.
- = Monter à l'étage.
- = Prendre mon kit familial d'urgence.

#### JE NE DOIS PAS :

- × Aller chercher les enfants à l'école.
- × Sortir de chez moi ou utiliser ma voiture.
- × Tenter une évacuation sans l'autorisation des autorités.
- × Utiliser des équipements électriques (ascenseurs, portes automatisées).

### Si je suis à l'extérieur...

#### JE DOIS :

- = Signaler mon départ et ma destination.
- = Respecter les signalisations.
- = M'éloigner de la zone inondée.
- = Me mettre en sécurité dans un bâtiment.

#### JE NE DOIS PAS :

- × M'engager sur des voies immergées, sur des ponts ou dans des parkings souterrains.
- × Essayer de sauver tous ses biens.

#### ■ NOTE

Consulter la plaquette sur les bons comportements en voiture sur <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/flyer-portiere-v6.pdf>.

## APRÈS L'ÉVÉNEMENT

### ■ JE SUIS CITOYEN, JE PRENDS DES PRÉCAUTIONS FACE A MON HABITATION INONDÉE

- Il s'agit \* :
  - En premier lieu de préserver votre santé et celle de vos proches dans ces circonstances difficiles.
  - En second lieu de remettre en état votre logement ou votre maison.
  - En troisième lieu de mettre en place des mesures susceptibles de limiter les conséquences d'éventuelles futures inondations.
- Recenser et photographier les biens endommagés pour votre assurance.

#### ■ NOTE

\* Consulter le guide « Inondations – Guide de remise en état des bâtiments » du ministère en charge de l'écologie.

Publication : Octobre 2017

Rédacteurs :  
Ghislaine VERRHIEST-LEBLANC  
(DREAL PACA) et  
Michel SACHER (Cyprès)

Conception :  
Valérie SCOTTO  
[www.vsdcom.fr](http://www.vsdcom.fr)



PHÉNOMÈNES  
PLUIES INTENSES  
INONDATIONS  
SUR L'ARC  
MÉDITERRANÉEN



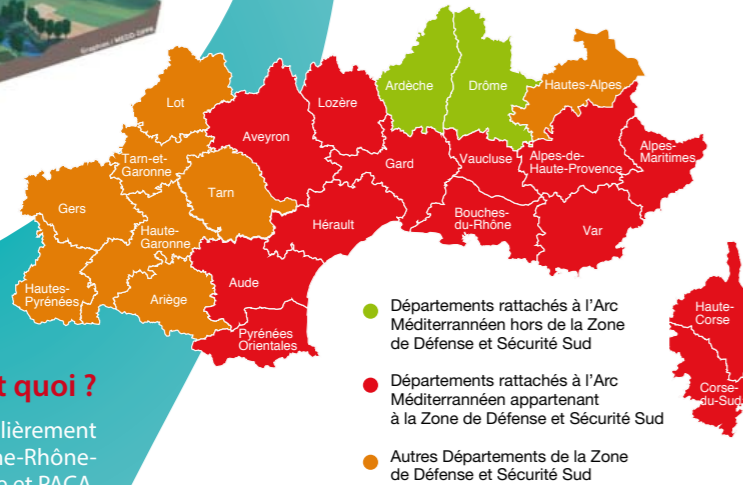
LE RÔLE DU  
CITOYEN

## ■ QU'EST-CE QUE LE RISQUE INONDATION ?

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone, due à un phénomène naturel, plus ou moins influencé par l'action de l'Homme.



Source :  
Ministère chargé de l'Environnement



## L'ArcMed, c'est quoi ?

15 départements particulièrement exposés en Régions Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Occitanie et PACA.



## ■ A QUOI SONT-DUES LES INONDATIONS ?

- Par débordement d'un cours d'eau pouvant être localement aggravé par des embâcles.
- Par ruissellement de la pluie lorsque la capacité d'évacuation du sol ou des réseaux d'eau pluvial n'est plus adaptée à la quantité d'eau à évacuer.
- Au phénomène de submersion marine.
- A une rupture d'un ouvrage hydraulique (digue ou barrage).

## ■ ZOOM

### Octobre 2015, Alpes Maritimes :

En octobre 2015, une vingtaine de personnes ont trouvé la mort dans les Alpes Maritimes. De fortes précipitations ont atteint des cumuls impressionnants, en dépassant des hauteurs de 150 mm en deux heures dans le secteur de Cannes. Rues, routes, parkings, voitures et villes ont été inondées provoquant d'importants dégâts.



## AVANT L'ÉVÉNEMENT

### ■ JE SUIS CITOYEN, JE ME POSE LES BONNES QUESTIONS

- Ma maison est-elle située à proximité d'un cours d'eau, sur une commune exposée aux pluies intenses méditerranéennes et aux inondations ?
- Il-y-a-t-il déjà eu des événements passés qui ont sinistré ma commune, mon quartier, ma maison, l'école de mes enfants, mon lieu de travail ? Ces événements pourraient-ils se reproduire ?
- Ma famille est-elle préparée à faire face à une inondation ?
- Quels sont les bons comportements en cas de pluies intenses méditerranéennes et d'inondation ?
- Quels dégâts pourraient subir ma maison, mes biens (voiture, électroménagers) en cas d'évènement.
- Quelles sont les actions possibles pour réduire les conséquences d'une éventuelle inondation ?

### ■ JE SUIS CITOYEN, JE M'INFORME

- Je connais les **8 bons comportements à adopter en cas de pluies intenses méditerranéennes**.
- Je me rapproche de la mairie et consulte le **Dossier d'Information Communale sur les Risques Majeurs (DICRIM)**, qui indique les risques auxquels ma commune est exposée et les bons réflexes en cas d'inondation.
- Je consulte les données de l'**Information Acquéreur Locataire (IAL)** disponibles sur le site internet de la préfecture.
- Je consulte le **Plan local d'urbanisme (PLU)** et le **Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI)** s'il existe sur ma commune pour avoir des informations sur le risque d'inondation et les obligations associées.
- Je demande à consulter le **Plan Particulier de Mise en Sûreté (PPMS)** de l'école de mes enfants.
- **J'interroge l'entreprise ou la structure dans laquelle je travaille** pour connaître la conduite à tenir en cas d'inondation.
- Je participe aux **exercices de crise** proposés par ma mairie ou la préfecture.

## ■ LES PLUIES INTENSES MÉDITERRANÉENNES

Les départements de l'Arc Méditerranéen, sont exposés à des épisodes de pluies intenses appelés méditerranéens. Lors de ces épisodes, les précipitations peuvent être très intenses (jusqu'à 100 mm par heure) et les cumuls très importants plus de 300 mm sur l'épisode. Les épisodes méditerranéens, résultent de conditions météorologiques particulières, c'est-à-dire, de l'air humide et chaud en provenance de la Méditerranée, qui va rencontrer de l'air très froid en altitude. L'atmosphère deviendra très instable et orageuse. Ces événements peuvent se produire toute l'année, mais sont plus fréquents durant l'automne.



**JE M'ÉLOIGNE DES COURS D'EAU**  
et je ne stationne pas sur les berges ou sur les ponts



**JE NE VAIS PAS CHERCHER MES ENFANTS À L'ÉCOLE,**  
ils sont en sécurité



**JE ME SOUCIE DES PERSONNES PROCHES,**  
de mes voisins et des personnes vulnérables



**JE NE M'ENGAGE NI EN VOITURE NI À PIED**  
Pont submersible, gué, passage souterrain... Moins de 30 cm d'eau suffisent pour emporter une voiture



**JE NE PRENDS PAS MA VOITURE ET JE REPORTE MES DÉPLACEMENTS**



**JE NE DESCENDS PAS DANS LES SOUS-SOLS ET JE ME RÉFUGIE EN HAUTEUR, EN ÉTAGE**



**JE M'INFORME**  
et je reste à l'écoute des consignes des autorités dans les médias et sur les réseaux sociaux en suivant les comptes officiels



**JE NE SORS PAS**  
Je m'abrite dans un bâtiment et surtout pas sous un arbre pour éviter un risque de foudre

novembre  
2012

# Guide régional d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux Languedoc-Roussillon



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



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

LANGUEDOC  
ROUSSILLON

## **AVANT-PROPOS**

Le littoral de la région Languedoc-Roussillon, caractérisé par une topographie à fleur d'eau, parsemé d'étangs et de lagunes, est particulièrement vulnérable à l'aléa submersion marine.

Par ailleurs, ce littoral est l'un des plus attractifs et peuplé de la métropole française, et le territoire régional devrait voir sa population permanente croître de 20% dans les trente prochaines années, la localisation privilégiée des nouveaux enjeux, commerces, emplois et habitants étant la bande littorale méditerranéenne.

Il convient donc d'anticiper l'exposition au risque de ces futurs enjeux, vis à vis d'un aléa qui sera renforcé par l'impact du changement climatique sur l'élévation du niveau marin, et de préconiser des mesures d'adaptation des enjeux déjà existants et dont la vulnérabilité est susceptible de s'accroître. 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 (PPRL) intègre précisément ces enjeux et définit les modalités de prise en compte de cet aléa dans les PPRL, en laissant toutefois la possibilité de fixer les niveaux d'aléa par façade maritime.

C'est pourquoi, il paraît nécessaire de réaliser en complément de la doctrine nationale un guide régional Languedoc-Roussillon pour accompagner l'élaboration des PPR « submersion marine » en région. Ces PPR permettront de définir, suivant les enjeux des secteurs, les prescriptions à mettre en œuvre.

Je souhaite que les éléments de méthodologie harmonisés de ce guide, qui tient compte des caractéristiques locales, permettent la réalisation d'outils de prévention utiles au développement raisonné du territoire littoral de Languedoc-Roussillon.

Le Préfet de Région  
Languedoc-Roussillon

# Sommaire

<b>I. PRÉAMBULE .....</b>	<b>4</b>
<b>II. OBJECTIFS .....</b>	<b>5</b>
<b>III. L'ALÉA SUBMERSION MARINE .....</b>	<b>6</b>
1. Zone soumise à l'action mécanique des vagues .....	7
2. Cotes de référence dans la zone de submersion hors zone soumise à l'action mécanique des vagues .....	9
2.1 Aléa de référence.....	9
2.2 Aléa 2100 .....	10
3. Qualification de l'aléa .....	11
<b>IV. LES ENJEUX .....</b>	<b>13</b>
<b>V. LE ZONAGE .....</b>	<b>14</b>
<b>VI. LE RÈGLEMENT .....</b>	<b>16</b>
<b>VII. INCIDENCE DES OUVRAGES DE PROTECTION SUR LE ZONAGE ....</b>	<b>17</b>
1. Ouvrages hydrauliques .....	17
2. Remblais .....	18
<b>VIII. EXCEPTIONS .....</b>	<b>19</b>
1. Communes camarguaises .....	19
2. Cas particuliers et dérogations .....	20



## **I. PRÉAMBULE**

Le littoral du Golfe du Lion, long de 300 km, est caractérisé par deux entités d'inégale longueur et morphologiquement différentes : une longue côte sableuse entrecoupée de quelques promontoires rocheux et une courte côte rocheuse à l'extrémité des Pyrénées Orientales. Il présente comme particularité un remarquable système lagunaire, à l'interface entre les milieux marins et les milieux terrestres.

Ce littoral, partagé entre les régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur est fortement exposé aux risques d'inondation : inondations par débordement de cours d'eau, le plus souvent rapides, et par submersions marines lors de tempêtes avec surcote marine. Parallèlement, en raison de sa forte attractivité, il est soumis à une très importante pression d'urbanisation et de fréquentation. Il est aussi un lieu privilégié de développement économique local.

Les plans de prévention des risques naturels (PPR), créés par la loi du 2 février 1995, sont aujourd'hui codifiés dans les articles 562-1 à 562-9 du Code de l'Environnement. Ils réglementent l'aménagement du territoire en tenant compte des risques naturels prévisibles. Cette réglementation va de la possibilité de construire sous certaines conditions à l'interdiction de construire dans les cas où l'intensité prévisible des risques ou la non-aggravation de la situation existante le justifie. Elle permet, ainsi, d'orienter les choix d'aménagement vers les territoires les moins exposés aux risques naturels pour limiter les dommages aux personnes et aux biens et garantir la sécurité des personnes.

L'élaboration de PPR est une priorité pour réglementer l'extension urbaine notamment dans la plaine littorale où la pression démographique est la plus forte. C'est particulièrement important pour les PPR littoraux dont l'élaboration est prioritaire dans le cadre du plan national submersions rapides validé le 17 février 2011 et qui doivent être approuvés d'ici 2014.

L'un des objectifs de la révision de la doctrine relative à l'élaboration des PPR est de rapprocher les règles de constructibilité de celles appliquées par les « PPR Naturels inondation-débordement de cours d'eau » - en matière de grille d'aléa, de typologie des enjeux, de règles de constructibilité dans les zones submersibles - sous réserve de la prise en compte des spécificités de l'aléa submersion marine (phénomène violent, marnage, etc.). Elle a aussi pour objectif de partager les fondements et modalités de la politique de prévention pour une meilleure appropriation par les acteurs.

La question de la vulnérabilité du littoral du Golfe du Lion et de son évolution dans le temps revêt un caractère crucial au regard de l'impact prévisible fort du changement climatique sur la configuration des côtes basses. Dès lors, et dans le cadre du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, il convient de faire évoluer les PPR submersions marines afin qu'ils intègrent les mesures nécessaires pour limiter la vulnérabilité future des territoires au risque de submersion marine face à l'augmentation prévisible du niveau marin sur le littoral méditerranéen.

Tel est l'objet du présent document qui décline de manière opérationnelle pour le Golfe du Lion la méthodologie nationale d'élaboration des PPR littoraux.

## **II. OBJECTIFS**

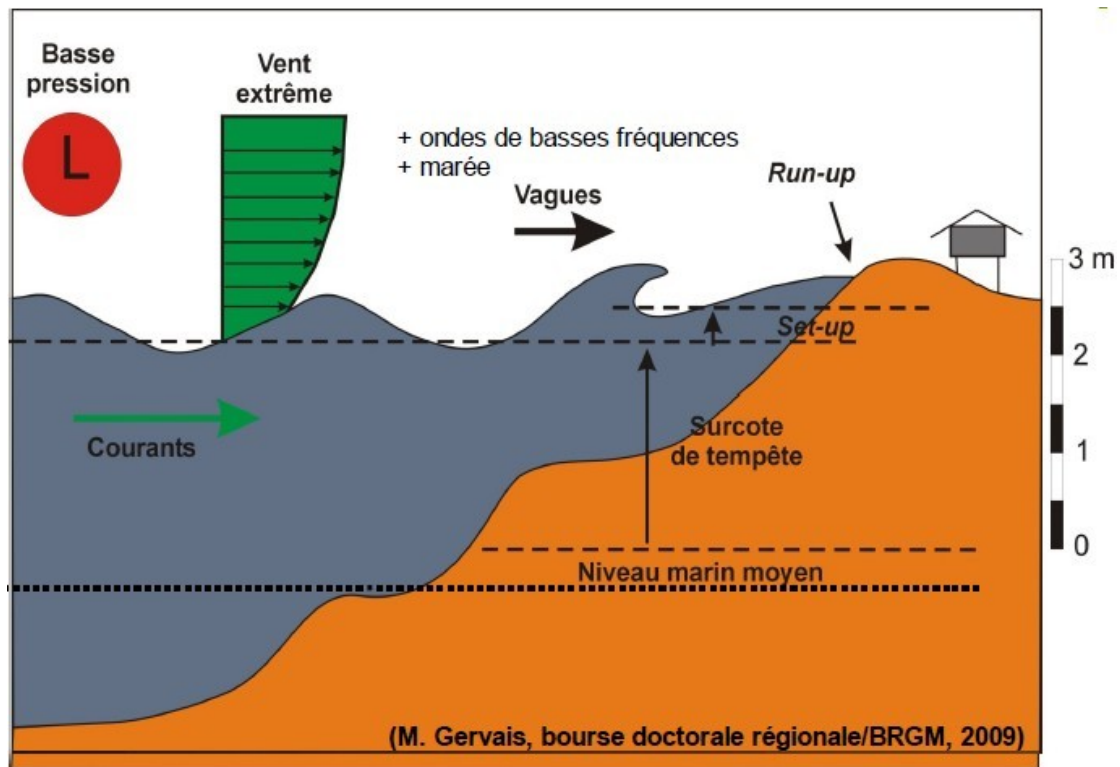
Ce document vise à harmoniser au niveau inter-régional Languedoc-Roussillon – Provence-Alpes-Côte d'Azur les règles appliquées pour la prise en compte du risque submersion marine dans les PPR. Il intègre par ailleurs les modifications apportées par la circulaire du 27 juillet 2011 dans la définition de l'aléa « submersion marine ». Il a également vocation à garantir la cohérence des principes et du contenu réglementaire au sein même d'un PPR lorsque celui-ci traite à la fois du risque d'inondation par débordement de cours d'eau et de submersion marine.

Le présent document ne concerne que le risque lié à la submersion marine, sans prendre en compte le risque tsunami auquel le littoral du Golfe du Lion est également soumis, ou encore le risque d'érosion du littoral auquel les côtes méditerranéennes sont particulièrement sensibles. Toutefois, sur les zones d'érosion significative, et en fonction des connaissances locales, le risque d'érosion devra faire l'objet d'études localisées complémentaires afin d'être intégré dans le PPR littoral. Il sera traité, en termes d'étude, à une échelle spatiale cohérente (qui ne pourra pas être inférieure à celle de la cellule hydro-sédimentaire).

### III. L'ALÉA SUBMERSION MARINE

Moins présents dans la conscience locale que le risque inondation par débordement de cours d'eau (pas de tempêtes violentes récemment), les risques littoraux n'en demeurent pas moins des risques naturels majeurs, tout particulièrement dans les secteurs où l'urbanisation (stations littorales) ou l'occupation (campings) ont fortement colonisé le littoral.

La **submersion marine** désigne une **inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques extrêmes**, où la surélévation du niveau moyen de la mer est provoquée par les effets de la dépression atmosphérique, des vents violents, de la forte houle et de la marée astronomique.



En front de mer, l'effet dynamique de la houle impose de considérer une zone distincte du reste de la zone inondée : le lieu où se brisent les vagues (dissipation d'énergie) nommé zone d'action mécanique des vagues.

Les travaux du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ont validé l'hypothèse de la montée prévisible du niveau moyen de la mer du fait du changement climatique. Le niveau de la mer Méditerranée augmente de 2,5 à 10 millimètres par an depuis les années 1990.

Le rapport « Scénarios climatiques : indices sur la France métropolitaine pour les modèles français ARPEGE-Climat et LMDZ et quelques projections pour les DOM-TOM », remis en janvier 2011 par la mission Jouzel à l'ONERC, confirme ces travaux.

Sur la base de ces études concordantes, le scénario d'élévation du niveau marin moyen de 60 cm à horizon 2100 a été retenu par le MEDDTL comme pertinent pour le littoral métropolitain français<sup>1</sup>. Cette élévation du niveau marin moyen est intégrée dans les PPR submersion marine au travers de la définition d'un aléa 2100 qui a pour objet de traduire l'évolution de l'exposition à l'aléa en 2100. Cet horizon est notamment pertinent au regard de l'échelle temporelle en matière d'urbanisme, la plupart des constructions ayant une durée de vie moyenne de 100 ans (le taux de renouvellement du parc immobilier en France est de 1%).

Plage du Racou à Argeles sur Mer lors de la tempête de décembre 1997 (Photo DRE)



Déferlement à Narbonne Plage lors de la tempête de décembre 1997 (Photo DRE)



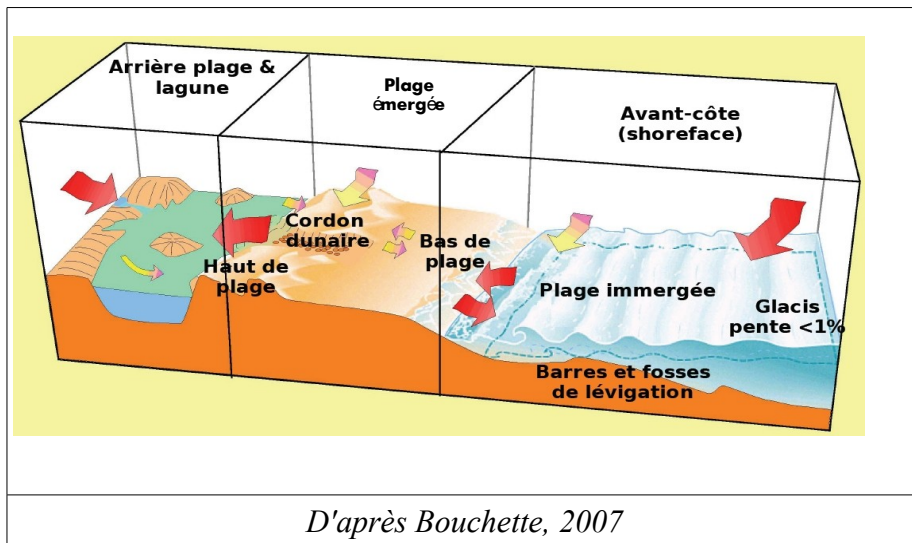
## 1. Zone soumise à l'action mécanique des vagues

La zone de déferlement est la surface à l'intérieur de laquelle la houle est modifiée à l'approche de la côte. Le déferlement et le processus de jet de rive (cf photos ci-dessus) induisent une dissipation d'énergie importante pouvant entraîner des dégâts importants par choc mécanique des vagues.

---

<sup>1</sup> En particulier, le choix de n'utiliser que des valeurs moyennes et non régionalisées est privilégié : le rapport Jouzel rappelle la difficulté d'estimer une élévation régionale du niveau de la mer.

La zone d'impact des vagues est constituée des entités morphologiques directement soumises à l'impact des vagues : le cordon dunaire, la plage vive et la plage immergée (cf schéma infra).



L'arrière-plage et la lagune correspondent à une zone d'amortissement énergétique où l'aléa, induit par le déferlement, est réduit mais qui constitue la zone de submersion par remplissage.

Les données disponibles sur le littoral du Golfe du Lion conduisent à considérer que dans cette zone la cote +3m NGF n'est franchie en général que :

- lors d'évènements d'occurrence supérieure à l'évènement centennal ;
- pour des évènements d'occurrence inférieure à la centennale, dans des zones présentant des effets locaux.

Ainsi l'arrière-plage est d'une manière générale soumise à la submersion et dans le cas où le cordon littoral (dune ou ouvrage) se situe à une cote inférieure à +3m NGF, l'intrusion d'eau marine est certaine. En outre dans ce cas, les habitations et constructions immédiatement à l'arrière du haut de plage peuvent être affectées par l'impact mécanique du jet de rive.

**La délimitation de la zone d'action mécanique des vagues, qui intègre des données morphologiques et historiques, doit être menée au cas par cas.**

## **2. Cotes de référence dans la zone de submersion hors zone soumise à l'action mécanique des vagues**

### **2.1 Aléa de référence**

Le niveau marin de référence comprend :

- le niveau marin moyen à la côte intégrant la surcote barométrique et la surélévation liée à la houle ;
- une marge de sécurité permettant de prendre en compte les incertitudes ;
- une élévation du niveau de la mer de 20cm du fait de l'impact du changement climatique.

Pour le Golfe du Lion, le niveau marin de référence retenu est de + **2mNGF**. Cette valeur est cohérente tant avec les données historiques accumulées par l'ex-SMNLR, l'ex-DDE des Bouches-du-Rhône et par les analyses de la Mission Littoral qu'avec les analyses statistiques conduites sur les données collectées depuis plus de trente ans sur le littoral. Elle est corroborée par un certain nombre d'observations terrestres (PHE) relevées à la suite des plus fortes tempêtes (1982, 1997).

Les études locales d'analyse historique et celles fondées sur la modélisation conduisent à évaluer un niveau marin à 1,80m, en intégrant les marges d'incertitudes liées aux instruments de mesure pour les analyses historiques et les marges d'erreur et intervalles de confiance pour les modélisations.

L'intégration dans l'aléa de référence de 20cm d'élévation du niveau marin liée à l'impact du changement climatique conduit dès lors à la définition d'un aléa de référence évalué à +2m NGF pour le littoral du Golfe du Lion. Il reste toutefois primordial de recenser et d'examiner à une échelle plus locale les événements historiques pour lesquels on possède des mesures de surcote avérée.

**Ainsi, le niveau marin de référence à prendre en compte lors de l'élaboration d'un PPR submersion marine est un niveau de la mer centennal de + 2m NGF ou la cote de la mer maximale déjà observée si celle-ci est supérieure à + 2m NGF.**

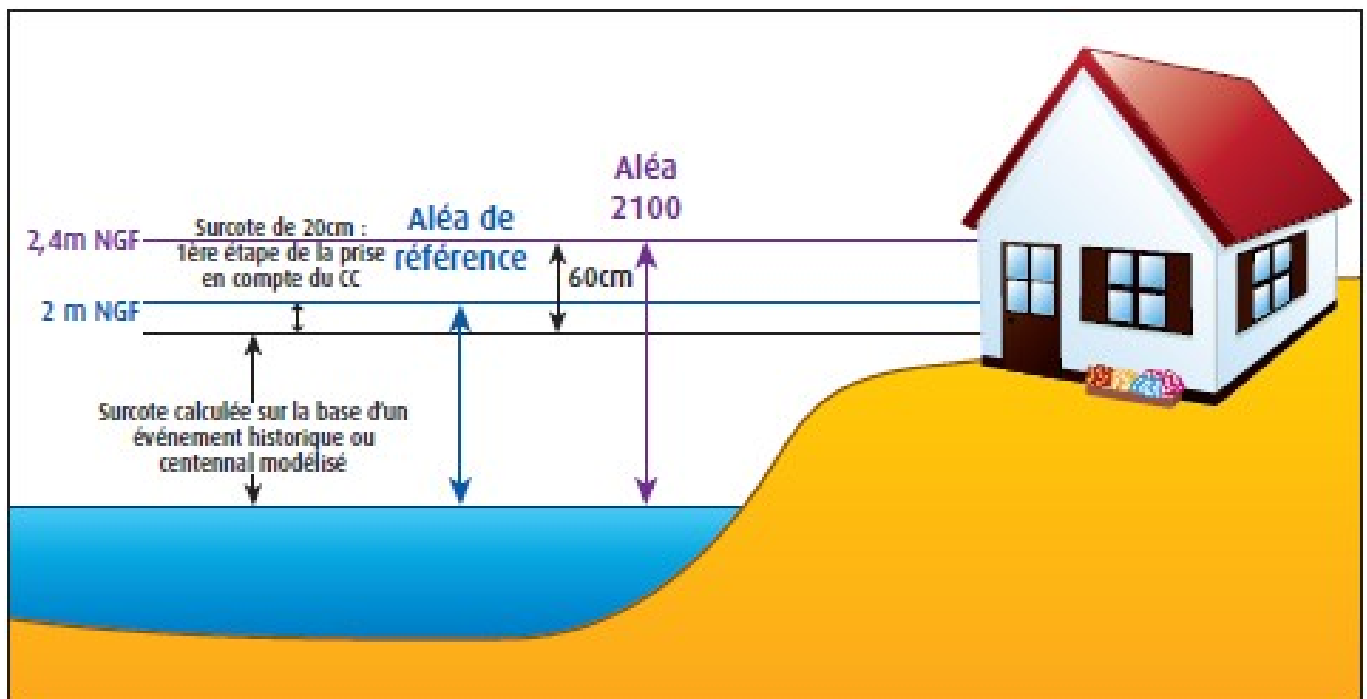
Dans le cas particulier des étangs, ce niveau marin centennal de +2m NGF s'applique lorsqu'il existe une connexion hydraulique avec la mer, que la largeur du lido est faible et que des phénomènes de bascule d'étangs sont connus. A défaut, une étude spécifique est nécessaire pour estimer le niveau d'eau atteint en bordure d'étang.

## 2.2 Aléa 2100

Dans le cadre de l'élaboration des PPR submersion marine, pour la caractérisation de l'aléa submersion marine, l'aléa à échéance 100 ans doit être étudié et faire l'objet d'une cartographie. Cet aléa, appelé aléa 2100, est déterminé à partir du niveau marin de référence, auquel est ajouté une élévation du niveau marin de 40cm à horizon 2100.

Le niveau marin de référence **2100** à prendre en compte pour le littoral du Golfe du Lion est ainsi de + **2,40m NGF**.

Le schéma suivant figure ces deux niveaux :



Le PPR submersion marine prendra en compte l'aléa de référence et l'aléa 2100, avec une progressivité de la réglementation en fonction du caractère urbanisé de la zone considérée :

- **Zone non urbanisée** : zone d'inconstructibilité déterminée sur la base de l'aléa 2100, de manière à encourager l'implantation des nouveaux enjeux hors des zones soumises à un risque potentiel futur.
- **Zone déjà urbanisée** : zone déterminée sur la base de l'aléa de référence (2m NGF), avec des prescriptions pour les nouvelles constructions établies sur la base de l'aléa 2100 (2,40m NGF).

### 3. Qualification de l'aléa

La nécessaire limitation de l'urbanisation dans les secteurs les plus exposés impose de raisonner non pas sur la hauteur des planchers projetés, mais sur la cote du terrain naturel, en évaluant la hauteur de submersion pour l'aléa de référence sur le terrain naturel.

Dans la **zone de déferlement**, l'aléa est toujours considéré comme **fort**, quelle que soit la hauteur de submersion.

Dans la zone de submersion à l'arrière du déferlement, la qualification de l'aléa sera faite en fonction de la seule hauteur d'eau par rapport à la cote du terrain naturel.

En Méditerranée, le phénomène de submersion marine est jugée prévisible, les évènements de submersion pouvant le plus souvent être prédits plus de 24h à l'avance. Toutefois, la durée de l'évènement 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 cas de figure, l'approche phénoménologique 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 des hypothèses du modèle et donc très contestables. On adoptera donc préférentiellement cette approche pour qualifier l'aléa de référence pour les PPRL dans le Golfe du Lion.



La submersion marine est caractérisée par des dynamiques spécifiques, liées à l'action mécanique forte des vagues, au franchissement de « paquets de mer », aux circulations dans les cuvettes ou aux ruptures des structures côtières (cordons dunaires), dynamiques particulièrement visibles à proximité du littoral. La topographie parfois accidentée du littoral du Golfe du Lion et les faibles espaces laissés par l'urbanisation de la bande littorale sont de nature à provoquer des écoulements localement accélérés par la réduction de la section disponible à l'expansion des écoulements. Par ailleurs, il convient de noter aussi la difficulté sur certains secteurs littoraux d'assurer une évacuation rapide des lieux en cas d'événements, compte tenu de la configuration géographique et des infrastructures existantes (exemple des lidos).

Aussi, et afin de prendre en compte cette vulnérabilité du territoire, des activités et des biens sur la frange littorale, il est adopté **un seuil de 50 cm de hauteur d'eau pour l'aléa fort<sup>2</sup> de la submersion marine.**

Il convient par ailleurs de noter que les terrains inondables par submersion marine, d'altitude très faible par rapport au niveau de la mer, sont également susceptibles d'être affectés par le débordement des cours d'eau dont la capacité d'évacuation est fonction du niveau marin d'une part et par le ruissellement pluvial dont l'évacuation est rendue très délicate par les faibles pentes d'autre part.

Les terrains inondables par submersion marine peuvent également être exposés à l'aléa érosion, qui sera à prendre en compte a minima à l'échelle de la cellule hydro-sédimentaire ou bien à une échelle plus fine si les éléments de connaissance à disposition le permettent.

---

2 L'aléa fort est la hauteur d'eau couvrant le terrain naturel, au-delà de laquelle on estime que le risque est trop élevé pour y autoriser la construction.

L'ensemble de ces éléments est synthétisé dans les tableaux suivants :

Aléa de référence	Cote du terrain naturel $z_n$	Hauteur d'eau h pour l'aléa de référence	Qualification de l'aléa de référence
Action mécanique des vagues	À définir au cas par cas	$h > 0$ m	FORT
Submersion hors zone d'action mécanique des vagues	$z_n < 1,5$ mNGF	$h > 0,5$ m	FORT
	$1,5$ mNGF $< z_n < 2$ mNGF	$h < 0,5$ m	MODÉRÉ

Aléa 2100	Cote du terrain naturel $z_n$	Hauteur d'eau h pour l'aléa 2100	Qualification de l'aléa 2100
Action mécanique des vagues	À définir au cas par cas	$h > 0$ m	FORT
Submersion hors zone d'action mécanique des vagues	$z_n < 1,9$ mNGF	$h > 0,5$ m	FORT
	$1,9$ mNGF $< z_n < 2,4$ mNGF	$h < 0,5$ m	MODÉRÉ

On rappelle que ce guide traite de l'aléa à prendre en compte dans le PPR submersion marine et non pas de l'aléa associé à des phénomènes exceptionnels ou géomorphologiques défini par les Atlas des Zones Inondables par Submersions Marines (AZISM).

#### IV. LES ENJEUX

Les enjeux à prendre en compte sont de trois types :

- les espaces non ou peu urbanisés,
- les lidos,
- les espaces urbanisés définis sur la base de la réalité physique existante.

A l'exception des campings existants, les espaces non ou peu urbanisés présentent par nature une faible vulnérabilité humaine et économique dans la mesure où peu de biens et de personnes y sont exposés. Cependant, ils constituent un enjeu fort en matière de gestion du risque car ce sont des zones susceptibles de permettre l'extension de la submersion marine et de ralentir les écoulements dynamiques. Il convient donc de ne pas les ouvrir à l'urbanisation.

Le littoral méditerranéen se caractérise par la présence de lagunes, séparées de la mer par des lidos, cordons sableux naturellement mobiles et vulnérables aux assauts de la mer. Les lagunes, leurs lidos et leurs zones humides périphériques sont des milieux exceptionnellement riches. Les lidos constituent par ailleurs des zones fragiles par leur faible largeur. La présence d'infrastructures rend les lidos plus vulnérables aux aléas littoraux (érosion et submersion) en les rigidifiant et réciproquement, les infrastructures sises sur les lidos sont plus exposées aux aléas littoraux.

Aussi, il convient de ne pas augmenter les enjeux humains et économiques sur ces secteurs. Des principes de constructibilité sont donc spécifiquement définis pour assurer la préservation de ces espaces.

Les espaces urbanisés comprennent les centres urbains, les voies de communications, les activités, les équipements sensibles ou stratégiques pour la gestion de la crise. L'évaluation des enjeux doit donc intégrer ceux touchant à la sécurité des personnes et aux fonctions vitales de la ville. Le développement des espaces urbanisés doit être limité aux enjeux du développement urbain en veillant à ne pas aggraver le risque et à préserver les zones d'expansion de la submersion marine.

## **V. LE ZONAGE**

Le zonage réglementaire constitue un des vecteurs de la politique de prévention des risques qui doit orienter le développement urbain en dehors des secteurs à risque et réduire la vulnérabilité du bâti existant ou futur.

Le zonage doit notamment viser à :

- interdire ou limiter très strictement les constructions en zone à risque et particulièrement sur les lidos, compte tenu de leur exposition à l'aléa, de leur caractère particulièrement fragile et de leur fonction de protection du littoral,
- en zone urbaine, ne pas aggraver les enjeux dans les zones d'aléas forts,
- préserver la zone d'action mécanique des vagues, la plus exposée, de toute nouvelle construction.

En croisant le niveau d'aléa et la nature des enjeux, on obtient une estimation du risque et la détermination de zones de contrainte utiles pour définir le zonage réglementaire.

Dans la **zone d'action mécanique des vagues**, quels que soient les enjeux, la **constructibilité est interdite**.

Dans la **zone de submersion au delà de la zone d'action mécanique des vagues**, le zonage comprend deux zones :

**ROUGE** : inconstructible

**BLEUE** : constructible sous conditions (en particulier, calage du premier plancher aménagé à Plus Hautes Eaux (PHE) majorée d'une revanche raisonnable et a minima de 30 cm).

Le tableau suivant définit les zonages réglementaires en fonction du niveau d'aléa et des enjeux.

	Aléa	Espaces non ou peu urbanisés	Lidos	Espaces urbanisés
<b>Zone d'action mécanique des vagues</b>	<b>FORT</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ROUGE</b>
<b>Submersion hors zone d'action mécanique des vagues</b>	<b>FORT</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ROUGE</b>
	<b>MODERE</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ROUGE</b>	<b>BLEUE</b>

Dans ces deux types de zones, il conviendra de rechercher des mesures de réduction de la vulnérabilité des enjeux existants.

## VI. LE RÉGLEMENT

Nature de la construction	Type d'intervention	Espaces non ou peu urbanisés	Lidos	Zones urbanisées ⑦	
		Aléa modéré ou fort	Aléa modéré ou fort	Aléa modéré	Aléa fort
Construction d'habitation, de bâtiments agricoles, industriels ou d'activité	Nouvelle	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	PRESCRIPTIONS	<b>INTERDIT ①</b>
	Reconstruction	<b>INTERDIT ②</b>	<b>INTERDIT ②</b>	PRESCRIPTIONS	<b>INTERDIT ② ①</b>
	Extension	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS
	Aménagement ④ ①	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS
Construction à caractère vulnérable	Nouvelle	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT ⑥</b>	<b>INTERDIT</b>
	Reconstruction	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT ② ⑥</b>	<b>INTERDIT</b>
	Extension	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	PRESCRIPTIONS ③	<b>INTERDIT</b>
	Aménagement ④	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS
Équipements publics	Tout type	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS
	Nouveau	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	PRESCRIPTIONS	<b>INTERDIT ①</b>
Campings	Nouveau	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>
	Extension	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>	<b>INTERDIT</b>
	Aménagement ④	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS
Équipements liés à la mer ⑤	Nouveaux	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS	PRESCRIPTIONS

① : sauf sous certaines conditions en zone densément urbanisée

② : si la construction a été détruite par une submersion marine *avec localement un aléa fort avéré* ou bien quelle que soit la cause du sinistre dûment constaté ou déclaré en mairie, si celui-ci a eu lieu plus de 5 ans avant la date d'approbation du PPR.

③ : extension limitée à détailler au plan départemental

④ : aménagement n'entraînant pas un changement de destination de nature à aggraver la vulnérabilité de la construction

⑤ : pour les activités conchylicoles, portuaires, les postes de secours de plage, les sanitaires et les équipements des concessions de plage

⑥ : sauf impossibilité d'implantation alternative

⑦ : dans le cas de communes entièrement submersibles on se réfèrera au paragraphe VIII.1 pour l'aléa de référence

## VII. INCIDENCE DES OUVRAGES DE PROTECTION SUR LE ZONAGE

### **1. Ouvrages hydrauliques**

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 rappelle le principe **qu'une zone protégée par une digue reste une zone inondable**, selon une politique de l'État en matière de risque constante depuis le XIX<sup>e</sup> siècle. Les terrains sis à l'arrière d'ouvrages de protection (brise-lames, épis...) sont considérés comme restant soumis aux aléas, et donc vulnérables.

Cependant, les ouvrages portuaires (digues, quais) pourraient être considérés comme atténuateurs ; dans ce cas, le phénomène de déferlement sera remplacé par le phénomène de sur-aléa généré par la défaillance de l'ouvrage.

Aussi, dans un PPRL, les ouvrages doivent être pris en compte :

- en tant qu'objet de danger potentiel : aucun ouvrage ne pouvant être considéré comme infaillible, le PPRL doit prendre en compte le risque de rupture (localisée ou générale, selon les caractéristiques de l'ouvrage). Il s'agit d'un aléa « anthropique », qui se traduit par des vitesses et des phénomènes d'érosion importants derrière l'ouvrage. A minima, une bande de précaution inconstructible immédiatement derrière l'ouvrage, d'une largeur de 100 fois la hauteur de l'ouvrage, sera définie pour limiter les risques en cas de rupture de l'ouvrage ;
- en tant qu'objet de protection, dans les cas où l'ouvrage répond aux conditions énoncées au 6.2.2 de la circulaire du 27 juillet 2011 et limite effectivement les effets d'une submersion.

La prise en compte des aspects « atténuateurs » d'un ouvrage est conditionnée au fait que la structure de protection soit un ouvrage hydraulique au sens du décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques. Les cordons dunaires sont de fait exclus de ce champ.

## **2. Remblais**

La réalisation de remblais peut être soumise à diverses réglementations (environnement, urbanisme). Dans le cadre des dispositions de la Loi sur l'Eau (articles L.214-1 et R.214-1 du code de l'environnement), et notamment de la rubrique 3.2.2.0, la réalisation de remblais en zone inondable par débordement de cours d'eau est soumise à :

- déclaration si la surface soustraite à l'expansion des crues est comprise entre 400 et 10 000 m<sup>2</sup> ;
- autorisation si la surface soustraite à l'expansion des crues est supérieure à 10 000 m<sup>2</sup>.

En effet, pour le cas de l'inondation par débordement de cours d'eau, la soustraction, par l'édification de remblais, de zone du champ d'expansion de crue conduit à un impact sur la hauteur d'eau (effet "cuvette", remontée du niveau d'eau alentours). Aussi, les remblais édifiés en zone inondable par débordement de cours d'eau se voient généralement interdits par les règlements des PPR inondation.

Pour la submersion marine, l'édification de remblais ne génère pas de remontée du niveau d'eau alentours, mais peut provoquer les impacts suivants :

- la vitesse d'écoulement de la submersion est augmentée, du fait de la réduction de la section mouillée (d'autant plus si une élévation de topographie, naturelle ou non, existe déjà au voisinage du projet de remblai). Aussi, le projet de remblai est susceptible d'occasionner :

- la création d'îlot et la mise en danger des biens et personnes (isolement en cas de montée des eaux et difficultés d'évacuation et d'accès des secours) ;
- un problème d'érosion du pied du remblai.
- un remblai en aval d'une zone d'écoulement d'eau produit toujours un remous hydraulique (effet de blocage partiel de l'écoulement en aval).

Aussi, par principe de précaution, **les remblais en zone inondable par submersion marine** sont interdits. Des secteurs zonés au PPR pourront déroger à cette règle sous conditions (aménagement d'ensemble, impacts sur les zones adjacentes nul, etc.) précisés dans le règlement du PPR.

## **VIII. EXCEPTIONS**

### **1. Communes camarguaises**

Les communes de Camargue dont le territoire est entièrement contraint par les risques d'inondation (inondation fluviale ou submersion marine), se trouvent dans la situation difficile de ne pouvoir développer l'urbanisation sur leur territoire. C'est pourquoi le zonage pourra être exceptionnellement adapté, pour répondre aux besoins d'habitat, d'emplois, de services mais exclusivement dans un secteur déjà urbanisé. En zone d'aléa fort, pour une hauteur d'eau comprise en 0,5 m et 1m, la constructibilité avec prescriptions pourra être tolérée. Les règles et prescriptions strictes seront par contre strictement maintenues, pour des hauteurs d'eau supérieures à 1m.

De manière similaire, pour ces communes dont le territoire s'étend sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres et dont la topographie est « à fleur d'eau » et peu accidentée, la sur-élévation due à la modification de la houle à l'approche du rivage sera moindre à l'intérieur des terres qu'en front de mer.



Une étude particulière sera à mener, afin de déterminer la profondeur à prendre en compte pour la meilleure caractérisation de l'aléa.

Il faudra toutefois avoir au préalable approfondi et justifié avec les élus locaux les possibilités alternatives d'urbanisation, le bilan pour tous les acteurs (État, communes, ...) entre bénéfices attendus et accroissement de la vulnérabilité des biens et des personnes, qui en résulterait et le recours à l'inter-communalité pour développer des projets qui ne nécessitent pas nécessairement la proximité immédiate de la mer.

## **2. Cas particuliers et dérogations**

Chaque plan de prévention intégrera, les cas particuliers ou dérogatoires qui lui sembleront pertinents, dans l'esprit du présent guide, en fonction du territoire concerné, des enjeux particuliers et des projets recensés. Les équipements liés à la mer ou aux étangs, comme, par exemple, les activités portuaires, les chantiers navals ou les activités de conchyliculture pourront être installés mais la création de logements restera interdite dans les zones d'aléa fort.

Les concessions de plage étant encadrées et temporaires, elles pourraient également être autorisées au PPR, sous réserve de respecter les conditions présentes dans le PPR et/ou celles émises par un avis au titre du risque, à l'occasion de la négociation et de la délivrance de la concession de plage. La constructibilité pourra ainsi être conditionnée à des critères permettant de limiter la submersion et de garantir l'évacuation des usagers.

Dans les centres urbains denses à délimiter par sous-secteur les nouvelles constructions pourront être autorisées sous conditions et sous prescriptions.

Dans le cas particulier des centres urbains denses situés sur des lidos, ces nouvelles constructions ne seront autorisées sous prescriptions que dans des secteurs d'aléa modéré (ou résiduel).

Cette disposition est motivée par le maintien de la vie en centre ville et justifiée par la présence, à proximité, d'une densité suffisante d'accès et de secours. Il s'agit de permettre d'aménager les « dents creuses » et en aucun cas d'ouvrir de nouvelles zones à l'urbanisation.

## Glossaire

**aléa** : Conséquences physiques résultant d'un scénario d'événements (par exemple : recul du trait de côte, submersion). *La transcription spatiale de l'aléa permet de le représenter et de le qualifier. L'aléa est caractérisé par son occurrence et son intensité. Il peut être qualifié par différents niveaux (fort, moyen, résiduel).*

**aléa de référence** : Enveloppe des aléas correspondant aux scénarii de référence (événement historique ou événement d'occurrence centennale). L'aléa de référence est utilisé pour établir le zonage réglementaire du PPR.

**enjeux** : personnes, biens, activités, moyens, patrimoine bâti, culturel ou environnemental etc. susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. Les enjeux s'apprécient aussi bien pour le présent que pour le futur. Les biens et activités peuvent être évalués monétairement, les personnes exposées dénombrées, sans préjuger toutefois de leur capacité à résister à la manifestation du phénomène pour l'aléa retenu.

**jet de rive** : lame d'eau d'épaisseur décroissante vers le haut, qui monte sur un rivage, sous l'impulsion que lui a donnée une vague lors de son déferlement. La montée du jet de rive se fait dans la direction dans laquelle allait la vague (et pas obligatoirement suivant la ligne de plus grande pente) (def. IFREMER).

**NGF** : le nivellement général de la France (NGF) constitue un réseau de repères altimétriques disséminés sur le territoire français. Le réseau NGF – IGN69 constitue le nivellement officiel en France métropolitaine (le « niveau zéro » étant déterminé par le marégraphe de Marseille).

**risque** : le risque résulte du croisement de l'aléa et d'un enjeu vulnérable. *Pertes potentielles en personnes, biens, activités, éléments du patrimoine culturel ou environnemental (cf Directive Inondation) consécutives à la survenue d'un aléa.*

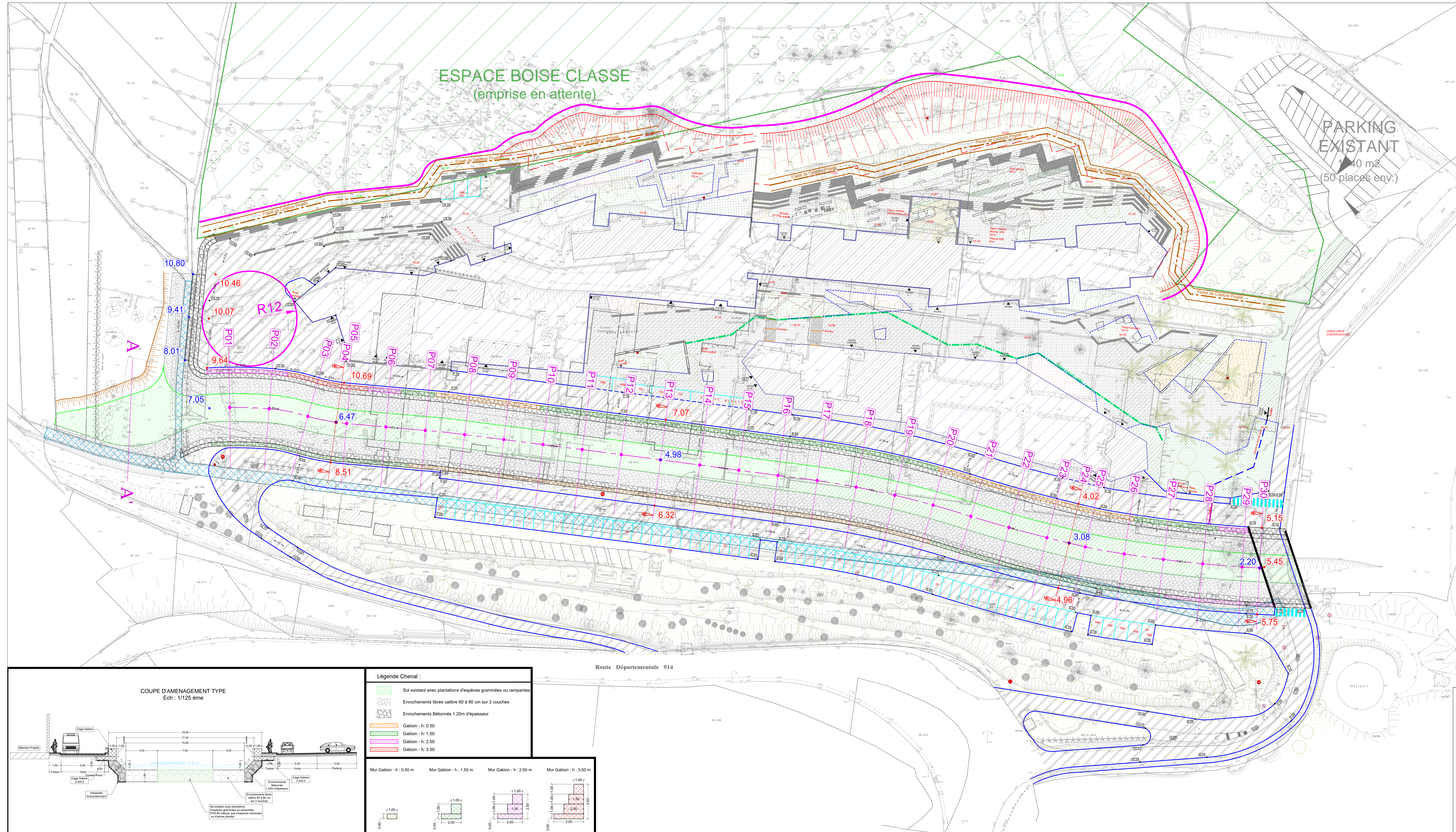
**run-up** : surcote due à l'effet du jet de rive

**set-up** (de l'anglais *wave set-up*) : élévation du plan d'eau sous l'effet des vagues

**surcote** : différence positive entre le niveau marégraphique mesuré et le niveau théorique. On distingue par exemple la « surcote barométrique » due à une dépression et la « surcote de bascule du plan d'eau » liée au vent.

Remerciement : cette guide a été établi avec la participation active des DDTM de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, du Gard, de Hérault et des Pyrénées-Orientales, et celle des DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon.





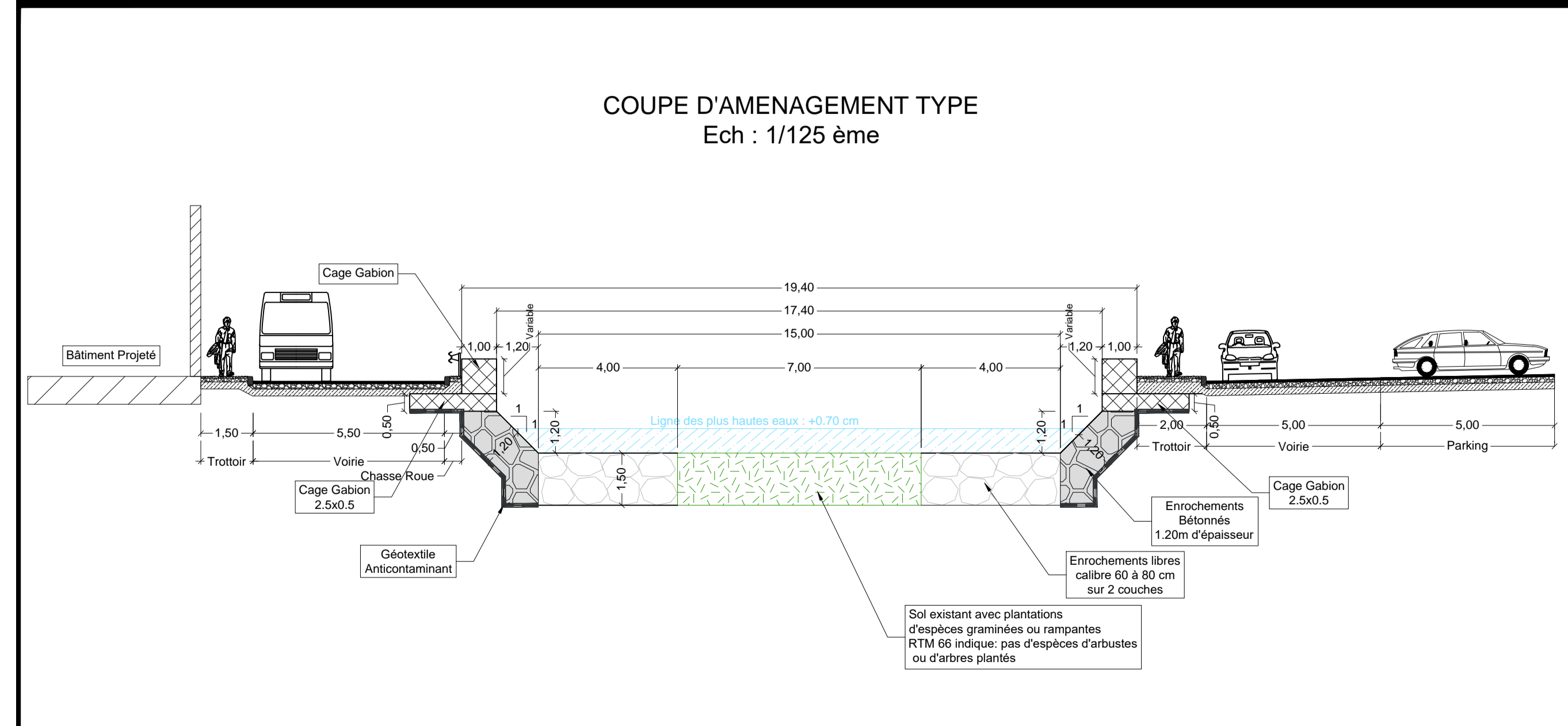
**Légende Aménagement :**

- Revêtement Voie Projeté (Enrobé Noir)
- Revêtement Piétonnier Projeté (Béton Balayé)
- Sable Projeté
- Bordure T2 Projetée
- Bordure P1 Projetée
- Caniveau CC1 Projeté
- Marquage au Sol Projeté
- Gabion - h: 0.50
- Gabion - h: 1.50
- Gabion - h: 2.50
- Gabion - h: 3.50

**Légende :**

- Emprise nécessaire
- Talus 3:2 Calculé par Covadis

Principe du fossé de cotature



**Légende Chenal :**

- Sol existant avec plantations d'espèces graminées ou rampantes
- Enrochements libres calibre 60 à 80 cm sur 2 couches
- Enrochements Bétonnés 1.20m d'épaisseur
- Gabion - h: 0.50
- Gabion - h: 1.50
- Gabion - h: 2.50
- Gabion - h: 3.50

Mur Gabion - h: 0.50 m    Mur Gabion - h: 1.50 m    Mur Gabion - h: 2.50 m    Mur Gabion - h: 3.50 m

Date	Commentaire	Dessinateur	Nom du fichier
2017-04-13	Création du document		
2017-07-04	Modifications PDM Paysagiste		
2017-10-09	Modifications PDM Paysagiste		
2017-11-12	Modifications du Contrat		
2017-11-29	Projet en long (chemin suite à la demande de M. EBARD)		

**RECONSTRUCTION DU CENTRE HÉLIO-MARIN DE BANYULS-SUR-MER**

APS 5

3

Plan Projet + Topo

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

## ***Cartographie des surfaces inondables et des risques des Territoires à Risques Important d'inondation (TRI) du bassin Rhône-Méditerranée***

### **Annexe II : compléments méthodologiques**

(commune à l'ensemble des TRI du bassin)

# SOMMAIRE

I.GÉNÉRALITÉS SUR LA MODÉLISATION DES DÉBORDEMENTS DE COURS D'EAU.....	4
II.DESCRPTION DE LA BASE DE DONNÉES SHYREG.....	5
III.DESCRPTION DE L'OUTIL DE MODÉLISATION CARTINO.....	7
IV.DESCRPTION DE LA MÉTHODE RETENUE POUR LA CARTOGRAPHIE DES SUBMERSIONS MARINES SUR LE LITTORAL MÉDITERRANÉEN.....	8
V.DESCRPTION DE LA MÉTHODE D'ESTIMATION DE LA POPULATION PERMANENTE DANS LA ZONE POTENTIELLEMENT TOUCHÉE.....	19
VI.DESCRPTION DE LA MÉTHODE D'ESTIMATION DES EMPLOIS.....	20
VII.DESCRPTION DE LA MÉTHODE D'ESTIMATION DE LA POPULATION SAISONNIÈRE....	21
VIII.MÉTADONNÉES DU SIG STRUCTURÉES SELON LE STANDARD COVADIS DIRECTIVE INONDATION.....	26



## **Pilotage de la rédaction du document**

---

DREAL de bassin Rhône-Méditerranée

## **Services contributeurs**

---

Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR)

CETE Méditerranée

DREAL Bourgogne

DREAL Franche-Comté

DREAL Languedoc-Roussillon

DREAL Provence-Alpes-Côte-d'Azur

DREAL Rhône-Alpes

## I. Généralités sur la modélisation des débordements de cours d'eau

La cartographie des surfaces inondables des TRI est régie par des principes et contraintes définies par la Direction Générale de Prévention des Risques : échelle de représentation des cartes est fixée au 1/25000<sup>e</sup> ; intervalles de périodes de retour fixées pour les événements fréquents [10-30ans], moyen [100-300ans] et extrême[> 1000ans] ; représentation des paramètres pour les cartes de surfaces inondées (classes de hauteurs d'eau, vitesses le cas échéant, effet des ouvrages lorsqu'il est connu, ...).

Le déroulement des études techniques permettant de produire les cartes des surfaces inondables a reposé sur une suite progressive d'analyses, d'expertises et d'études complémentaires à savoir :

- l'identification du périmètre d'étude et du bassin de risque ;
- le recensement et la collecte des données et des résultats d'études existants et disponibles ;
- l'analyse de la pertinence de ces données et études au regard des principes et contraintes exigées pour la cartographie ;
- la détermination des scénarios de crue à utiliser pour les 3 niveaux de probabilités ;
- l'élaboration d'expertises ou études complémentaires nécessaires pour établir ou compléter les cartes.

La reprise des cartographies et données existantes a reposé sur une évaluation de leur pertinence par rapport aux critères retenus :

- hypothèses hydrologiques (qualification des débits) à la base de l'élaboration des cartes (étendue des séries de données caractéristiques, prise en compte des affluents dans l'influence du régime hydrologique, ...).
- modélisations hydrauliques utilisées (1D, 1D à casiers, 2D), pas spatial de modélisation employé, type d'interpolation employé, crues de calage du modèle, objectif de la modélisation initiale, ...
- données topographiques exploitée dans la définition de l'aléa (niveau d'eau au regard du terrain naturel) : qualité (précision, résolution), étendue, date de production, représentation du lit mineur, ...

L'élaboration d'expertises et/ou d'études complémentaires ou nouvelles a donc porté sur un ou plusieurs de ces 3 critères (hydrologie, hydraulique, topographie).

Sur certains territoires, les données hydrologiques et hydrauliques existantes ont pu être utilisées et les cartes d'aléa ont été réalisées en exploitant la topographie LIDAR la plus récente.

Sur d'autres territoires, la ré-exploitation de ce type de données n'a pas toujours été possible pour la modélisation de certains événements. Par ailleurs, le lancement d'une étude nouvelle n'a pas forcément pu être envisagée pour tenir compte des délais de production demandés par la Directive inondation.

Deux types d'outils ont été mis à disposition des services de l'Etat pour tenter de pallier à ces difficultés : la base de données SHYREG pour compléter les informations hydrologiques lacunaires et l'outil de modélisation simplifiée CARTINO. Ces deux outils sont décrits dans les chapitres suivants.

## II. Description de la base de données SHYREG

### Le Contexte

L'approche inédite de la Directive inondation et des nouvelles orientations de la politique française en matière de réduction des conséquences négatives potentielles des inondations a conduit la DGPR à se rapprocher du domaine de la recherche et en particulier des organismes qui développent des méthodes abouties et intégrées de détermination de l'aléa. Dans le cadre de ses activités de recherche et d'appui aux politiques publiques, l'IRSTEA<sup>1</sup> a mis en œuvre la méthode SHYREG afin d'estimer des quantiles de débits de crue sur l'ensemble du territoire métropolitain. L'aboutissement de ce travail est une base de données informatique des débits de crue estimés pour différentes durées et pour différentes périodes de retour (entre 2 et 1000 ans) en tout point du réseau hydrographique.

### Qu'est ce que la méthode SHYREG ?

La méthode SHYREG est une méthode d'estimation de l'aléa hydrologique, basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètres de modèle (générateur de pluie et modélisation hydrologique). Cette régionalisation implique la prise en compte de variables locales pouvant influencer le régime hydrologique naturel de surface et consécutif à une précipitation. Par contre, la présence d'éléments perturbateurs au ruissellement de surface comme des ouvrages de type barrages, le karst, l'influence de la fonte nivale ou d'un bassin versant particulièrement urbain peut faire baisser la fiabilité de la donnée.

### Sous quelles formes se présentent les données SHYREG ?

Il faut distinguer deux types de données abouties pour SHYREG :

La base de données SHYREG-Débit bassin versant : cette base contient les quantiles de crues estimés par la méthode SHYREG à l'exutoire des bassins versants de calcul. Il s'agit des quantiles des débits pour un certain nombre de durées (pointe et de 1 à 72 h) et de périodes de retour ( $T = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000$ ) calculés aux exutoires de cours d'eau utiles à la prévision des crues (exutoires dits « SCHAPI ») et fournis sur la France métropolitaine. De cette base peuvent être déduits les hydrogrammes de crues mono fréquences (crues de projet)

La base de données SHYREG-Débit Pixel : Cette base correspond aux débits de pointe cumulés le long du réseau hydrographique (pour les bassins versants  $> 5 \text{ km}^2$ ) pour les périodes de retour 10, 30, 100, 300, 1000 ans et représentés sous forme d'information géographique selon un maillage du territoire (pixel de  $50 \times 50 \text{ m}$ ), sur la France métropolitaine.

### Pourquoi utiliser la méthode SHYREG ?

Ce type de méthode permet de s'affranchir des biais de la statistique et des méthodes d'échantillonnage lorsque les séries de données (pluie ou débit) disponibles sont trop courtes ou très imprécises.

Une telle méthode permet de générer artificiellement des séries très longues de données pluviométriques et de connaître leurs résultantes hydrologiques en prenant en compte les spécificités locales (mais « régionalisées ») du sol, de son occupation, de la topographie, du contexte hydrométéorologique.... En outre, cette méthode s'avère très utile dans les bassins versants non jaugés (sans données hydrologiques) et là où la variabilité spatiale des pluies peut être forte (en cas de forts gradients altimétriques ou dans les régions méditerranéennes). La prise en compte de ces gradients, plutôt que l'utilisation d'une série observée sur un site plus ou moins proche de la zone étudiée donne des résultats bien meilleurs.

<sup>1</sup> Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, pour plus de détails sur cet organisme cf. <http://www.irstea.fr>

## Les limites d'utilisation de la méthode et précaution à prendre avec la donnée

Comme toute méthode, les estimations fournies par la méthode SHYREG sont soumises à un certain nombre d'incertitudes. La méthode SHYREG a été calée sur des bassins versants jugés « non influencés » (présences de retenues par exemple), c'est-à-dire correspondant à des fonctionnements dits « naturels ». Or certains bassins présentent des fonctionnements pouvant être contraints par différentes configurations mettant en défaut la méthode. Par exemple, les superficies des bassins versants étudiés varient entre 5 et 5000 km<sup>2</sup>, et il est conseillé de limiter l'application de la méthode à des bassins versants dans cette gamme de superficie.

De plus, dans sa version actuelle, la méthode repose sur une approche régionale globale. Elle ne prend pas en compte certaines caractéristiques très spécifiques des bassins versants : bassins versants karstiques, très urbains, influencés par des aménagements, bassins versants avec des champs d'expansion des crues significatifs ou dans le cas d'une forte influence nivale, ... L'application pour de tels bassins versants risque d'être incorrecte.

Pour signaler ces zones particulières pour lesquelles les quantiles SHYREG ont tout de même été calculés, un indice de confiance est proposé pour qualifier le degré d'applicabilité de la méthode. Il est important que l'utilisateur soit sensibilisé par l'alerte donnée par cet indice de confiance dans le cas où les spécificités locales rendent les résultats inappropriés.

Cette incertitude est d'autant plus grande que l'on s'intéresse aux périodes de retour élevées. Il convient alors d'être prudent dans l'utilisation des quantiles pour ces périodes de retour. Ces quantiles restent une estimation régionale de l'aléa hydrologique, en prenant en compte au mieux (calage) les informations pluviométriques disponibles et les spécificités des bassins versants jaugés dans un voisinage proche.

C'est pourquoi, en aucun cas, l'approche ne se substitue à une étude hydrologique proprement dite qui prendrait en compte les spécificités des bassins versants, de l'occupation de l'espace, du réseau hydrographique, ... et le savoir faire de l'hydrologue. Ceci est particulièrement vrai dans le cadre de l'élaboration d'une cartographie PPR.

Cependant, même si des voies d'amélioration sont entrevues, la méthode présente actuellement des performances qui restent largement acceptables pour une utilisation opérationnelle, en particulier pour pallier au manque d'approches opérationnelles pour cartographier à grande échelle un événement rare pour lequel les méthodes classiques montrent leurs limites en termes d'efficacité. En complément, un travail d'analyse hydrologique a donc été effectué en s'appuyant sur les chroniques mesurées (banque hydro, ...) et/ou renseignées dans le cadre d'études existantes (données des PPRi, ...).

SHYREG propose en plus une estimation homogène et cohérente (issue d'une seule régionalisation) de l'ensemble des caractéristiques statistiques de l'aléa hydrométéorologique (IDF, débit de pointe, volumes de crues,...) nécessaires à l'évaluation des risques hydrologiques.

### III. Description de l'outil de modélisation CARTINO

#### Les principes de la modélisation de CARTINO

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

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

Le calcul se fait dans premier temps sur chaque bief isolément :

- il crée les profils en travers de façon automatique avec une largeur d'emprise correspondant à la surface drainée et un pas entre profils lié à cette largeur (par exemple 1 profil tous les 1/3 de largeur).
- le calcul hydraulique (permanent, itératif) est mené avec les codes de calcul Flutor, afin d'agrandir les profils en travers jusqu'à ce que leur largeur soit suffisante pour décrire la vallée mouillée (sans « saut » de charge aux extrémités des profils). Cette étape consiste à interpoler sur les données MNT et débits sur chaque trace de profil en travers.
- il crée des profils en travers sur le bief, de largeur et de distance entre profils issus de l'emprise des résultats Flutor, en évitant les croisements.
- le même calcul itératif est ensuite mené sur ces nouveaux profils, en utilisant les codes Flutor et Mascaret en parallèle.

A la fin de cette méthode, les résultats du calcul sont post-traités sur chaque bief et assemblés sur tous les biefs. Les résultats ainsi obtenus sont représentés en classes de hauteurs de charge calculées à partir de la hauteur d'eau et de la vitesse moyenne sur le profil par la formule  $H=h+V^2/2g$ . A titre d'illustration, pour des vitesses de 1m/s et de 3m/s, l'écart entre h et H est respectivement d'environ 5cm ou de 50cm. Cette représentation des résultats permet de sécuriser l'approche dans les zones à fortes vitesses en particulier les crues rapides sur des pentes fortes.

Un module de reprise de calcul est ensuite utilisé pour préciser les résultats obtenus (modification de profils en travers pour pouvoir les adapter à des structures hydrauliques importantes, gestion des frottements, etc).

#### Les limites d'utilisation de la méthode et précaution à prendre avec la donnée

CARTINO PC se base sur des modélisations classiques mono-dimensionnelles. Il a donc les mêmes limites que les modèles mono-dimensionnels à savoir qu'il n'est pas forcément adapté aux cas comme les plaines en toit, les lits perchés, les rivières avec plusieurs chenaux (...) et considère que le niveau d'eau est moyenné sur la section de calcul. Excepté quelques cas après reprises, il n'y a pas de distinction entre lit mineur et lit majeur.

Le calcul s'effectue en mode permanent, mode majorant en particulier dans les cas avec des grandes zones d'expansion de crues.

Les hypothèses de prises en compte des ouvrages de protection longitudinaux ne peuvent être gérées qu'au cas par cas. Les ouvrages de type digues sont considérés comme transparents. Ils apparaissent ensuite comme des zones « hors d'eau » dans les images finales de par une topographie plus élevée.

Les données topographiques utilisées sont une donnée essentielle du résultat. Sur les petits cours d'eau ou les cours d'eau en eau, les topographies issues de survol aérien ne prennent pas, ou peu, en compte le lit mineur. Les erreurs peuvent être importantes lorsque la capacité du lit mineur est conséquente par rapport au débit total (surestimation des hauteurs d'inondations). Les ouvrages de franchissement (ponts, remblais transversaux, ...) qui peuvent générer des pertes de charges hydrauliques ne sont pas pris en compte systématiquement ou tout du moins de manière fine.

Dès lors, l'exploitation des données obtenues à partir de cet outil a fait l'objet d'une analyse hydraulique complémentaire. L'exploitation des études hydrauliques, hydrologiques et topographiques connues a permis d'évaluer les biais éventuels pour en corriger les paramètres (modification des profils en travers, coefficients de frottement, ...). Plus particulièrement, lorsqu'un PPRi a été réalisé sur le cours d'eau considéré, celui-ci est considéré comme source d'étalonnage du modèle. Les données ayant servi à l'élaboration des PPR sont par conséquent utilisées en priorité pour caler le modèle.

## IV. Description de la méthode retenue pour la cartographie des submersions marines sur le littoral méditerranéen

### Le Contexte

La phase de cartographie de la Directive inondation demande de tenir compte d'un niveau marin extrême. Son évaluation a été réalisée à l'échelle de la Méditerranée en cohérence avec la doctrine PPRL pour la façade méditerranéenne.

Étant donné les incertitudes qui existent de part les mesures marégraphiques, leurs localisations, les ajustements statistiques et des effets locaux difficiles à estimer, d'autant plus que l'on recherche des événements rares, il a été choisi d'utiliser une estimation qui s'appuie sur les niveaux déjà utilisés dans les PPRL.

Dans un premier temps, les niveaux marins à Sète sont présentés car la doctrine PPRL de la Méditerranée s'est initialement appuyée sur ces niveaux. Ensuite l'application numérique est effectuée suivant la même méthodologie sur l'ensemble de la Méditerranée.

### L'estimation du niveau centennal (application à Sète)

Le niveau centennal définit dans la doctrine PPRL de la Méditerranée est de 2 m NGF. Ce niveau est utilisé dans la cartographie de la Directive inondation pour le niveau moyen. Ce niveau peut être décomposé de la manière suivante :

- **Marée**, celle-ci est calculée par le SHOM ;
- **Surcote au marégraphe**, celle-ci correspond à la différence entre l'observation et la marée prédite. Suivant l'exposition du marégraphe, une partie de cette composante peut être de la surélévation liée aux vagues difficile à dissocier de la surcote météorologique. Le CETMEF et le CETE Méditerranée ont réalisé des statistiques de valeurs extrêmes sur cette composante surcote. Les résultats de l'étude donnent les surcotes extrêmes issues des ajustements pour différentes périodes de retour, la valeur médiane et la valeur de l'intervalle de confiance à 70% sont données. Pour le calcul du niveau marin total, la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70% est préconisé au vu des incertitudes qui pèsent sur les données et sur les ajustements. De plus les valeurs de surcote ajustées sont les valeurs horaires et celles-ci peuvent être dépassées de quelques dizaines de centimètres pendant des intervalles de temps plus courts ;
- **Surélévation locale**, des formules empiriques existent pour le calcul de cette composante, par exemple celles de Stockdon. Dans ces formules la surélévation liée aux vagues est proportionnelle à la racine carrée du produit de la hauteur de la houle avec sa longueur d'onde. Le coefficient de proportionnalité varie suivant les cas de figure de condition dissipative ou non et de présence d'onde infragravitaire.

Il s'agit donc dans un premier temps de décomposer, de manière théorique, ce niveau global de 2 m NGF. En première approche, on se basera sur les données de Sète.

En toute rigueur, les composantes marée et surcote météorologique ne sont pas décomposables en 2 valeurs, un produit de convolution est par exemple utilisé en Manche-Atlantique.

Pour le niveau centennal, la marée prise en compte de manière arbitraire est celle d'un coefficient de 95-100 (Marée moyenne de vives-eaux), correspondant à un niveau de **0,35m NGF**.

Pour la surcote au marégraphe centennale, l'étude CETMEF-CETE Méditerranée (2013) est utilisée avec comme estimation de la surcote la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70% soit **0,77 m**.

A ces deux composantes, s'ajoute une composante liée à la houle (le wave set-up). Le niveau de wave set-up est calculé selon la formule de Stockdon et al. (2006) :

$$\eta = \alpha * (H_0 L_0)^{1/2}$$

où :

$\eta$  : set-up (m)

$\alpha$  : coefficient de proportionnalité qui varie suivant les cas de figure de condition dissipative ou non et de présence d'onde infragravitaire. Dans le cas du présent calcul ce coefficient va être ajusté de façon à avoir un niveau total cohérent à Sète. Une fois l'exercice réalisé, le coefficient est de 0,022. La théorie le donne entre 0,016 et 0,039.

$H_0$  : hauteur significative de la houle au large (m)

$L_0$  : longueur d'onde de la houle au large, avec  $L_0 = (g * T^2) / (2\pi)$  (m) où  $g$  est la gravité ( $m.s^{-2}$ ) et  $T$  la période de pic de la houle (s).

La hauteur des vagues nécessaire aux calculs provient de la base de données ANEMOC (EDF-CETMEF). Des ajustements statistiques sur des hauteurs de houles modélisées à partir de 30 années de vent ont permis le calcul des hauteurs significatives de la houle centennale au large. Celle-ci est de 6,8 m au point MEDIT 2809 au large de Sète.

Pour la longueur d'onde, une période de la houle de 12s est utilisée pour la houle centennale.

On obtient une surélévation due à la houle de  $\eta = \mathbf{0,86m}$ .

Si l'on somme l'ensemble de ces composantes, on obtient un niveau de 1.98m NGF arrondi à **2m NGF**.

**L'événement centennal est ainsi estimé à 2m NGF à Sète.**

**Il est à noter que ce niveau n'intègre pas de composante d'élévation du niveau marin dans son estimation.**

## Estimation du niveau extrême (application à Sète)

Pour le niveau millénal, la marée est suivant la méthodologie DI prise égale à la Plus Haute Mer Astronomique soit **0,47 m NGF**.

D'après l'étude CETMEF-CETE Méditerranée (2013), la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70% de la surcote millénale est de **1,06m**.

Il reste à estimer la surélévation locale extrême. La formule de Stokdon avec un coefficient  $\alpha$  de 0,022 (cf paragraphe ci-dessus) est utilisée, 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). Pour la longueur d'onde, une période de la houle de 14s est utilisée pour la houle millénale.

On obtient une surélévation due à la houle de  $\eta = \mathbf{1,21m}$ .

Au final pour la situation extrême, à Sète, on somme :

- la composante marée PHMA (0.47mNGF),
- la composante surcote météorologique au marégraphe millénale (1.06m),
- la composante surélévation locale basée sur la houle millénale (1.21m).

La résultante donne un niveau marin extrême de 2,74 m NGF, qui est arrondi à **2,80m NGF**.

**On obtient ainsi un niveau marin extrême de 2,80m NGF selon la définition retenue par la méthodologie DI.**

**Il est à noter que ce niveau n'intègre pas de composante d'élévation du niveau marin dans son estimation.**

## Estimation sur l'ensemble de la Méditerranée

Pour l'ensemble de la Méditerranée le niveau choisi pour l'événement moyen est de 2 m NGF et celui pour l'événement extrême de 2.80 m NGF. La même application numérique exposée aux paragraphes précédents est réalisée sur l'ensemble des ports de la Méditerranée. Une différence entre le niveau calculé et le niveau choisi, est alors donnée.

Cette différence varie suivant le site mais reste cohérent et explicable. A l'exception de Marseille, cette différence est comprise entre **+/- 15 cm pour l'événement moyen et +/- 30 cm pour l'événement extrême**.

Marseille est un cas particulier, les niveaux choisis seraient d'après les calculs sous-estimés or les données de surcote au marégraphe sont fortes car d'une part le marégraphe est le seul qui ne soit pas situé dans un port, du coup il enregistre plus d'ondes liées aux vagues, et d'autre part à un fonctionnement reconnu incertain par la communauté scientifique.

D'après les calculs une sous-estimation apparaît également à Ajaccio. Ce marégraphe est également dans la partie la moins abritée du port. De plus un horsain (tempête du 1er janvier 2010) est présent qui tire vers le haut les ajustements.



	Port-Vendres	Sète	Marseille	Toulon	Nice	Monaco	Ajaccio	
<b>Scénario moyen</b>	<b>PMVE (mNGF)</b>	<b>0.32</b>	<b>0.35</b>	<b>0.24</b>	<b>0.25</b>	<b>0.24</b>	<b>0.25</b>	<b>0.15</b>
	Surcote 100 ans – médiane	0.61	0.68	1.11	0.57	0.65	0.65	0.8
	<b>Surcote 100 ans – IC70%</b>	<b>0.75</b>	<b>0.77</b>	<b>1.34</b>	<b>0.66</b>	<b>0.79</b>	<b>0.85</b>	<b>1.01</b>
	<b>Surélévation locale</b>	<b>0.88</b>	<b>0.86</b>	<b>0.85</b>	<b>0.96</b>	<b>0.85</b>	<b>0.84</b>	<b>0.98</b>
	Base ANEMOC	MEDIT 3044	MEDIT 2809	MEDIT 4302	MEDIT 7390	MEDIT 6981	MEDIT 7146	MEDIT 7722
	Hs (m)	7.1	6.8	6.6	8.6	6.7	6.6	8.9
	Ls (m)	225	225	225	225	225	225	225
	<b>Différence entre le niveau choisi et calculé</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.43</b>	<b>0.13</b>	<b>0.12</b>	<b>0.06</b>	<b>-0.14</b>
	<b>Niveau moyen choisi (mNGF)</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>
<b>Scénario extrême</b>	<b>PHMA (mNGF)</b>	<b>0.44</b>	<b>0.47</b>	<b>0.37</b>	<b>0.39</b>	<b>0.36</b>	<b>0.37</b>	<b>0.27</b>
	Surcote 1000 ans – médiane	0.76	0.83	1.34	0.67	0.84	0.83	1.06
	<b>Surcote 1000 ans – IC70%</b>	<b>1.04</b>	<b>1.06</b>	<b>1.75</b>	<b>0.84</b>	<b>1.13</b>	<b>1.28</b>	<b>1.5</b>
	<b>Surélévation locale</b>	<b>1.18</b>	<b>1.21</b>	<b>1.14</b>	<b>1.28</b>	<b>1.13</b>	<b>1.14</b>	<b>1.26</b>
	Base ANEMOC	MEDIT 3044	MEDIT 2809	MEDIT 4302	MEDIT 7390	MEDIT 6981	MEDIT 7146	MEDIT 7722
	Hs (m)	9.4	9.8	8.7	11.1	8.7	8.8	10.8
	Ls (m)	306	306	306	306	306	306	306
	<b>Différence entre le niveau choisi et calculé</b>	<b>0.14</b>	<b>0.06</b>	<b>-0.46</b>	<b>0.29</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.23</b>
	<b>Niveau moyen choisi (mNGF)</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.80</b>

exposition du marégraphe      abrité      abrité      très exposé      très abrité      abrité      abrité      peu abrité

**L'estimation d'un niveau marin extrême de 2,80 m NGF pour l'ensemble de la Méditerranée est cohérente par rapport aux données disponibles sur l'ensemble des ports.**

### Éléments d'analyse historiques relatifs à l'estimation de l'aléa extrême de submersion marine dans le Golfe du Lion

L'outil privilégié pour mesurer scientifiquement les variations du niveau de la mer est le marégraphe côtier. Ces instruments ont été mis en place sur les côtes françaises à partir du XIXe siècle. Les observations in situ, enregistrées sur papier (les marégrammes) constituent une référence historique en fournissant la variation relative du niveau de la mer par rapport à la côte.

Sur le Golfe du Lion, la qualité de ces observations ne permet de travailler que sur la période des trente dernières années. L'analyse statistique de ces données numériques permet d'estimer un niveau marin extrême à la côte de 2,80m (cf. points précédents).

L'objectif de ce paragraphe est de recenser l'ensemble des éléments historiques et d'analyse des archives sédimentaires lagunaires permettant de conforter cette estimation du niveau marin extrême en Languedoc-Roussillon.

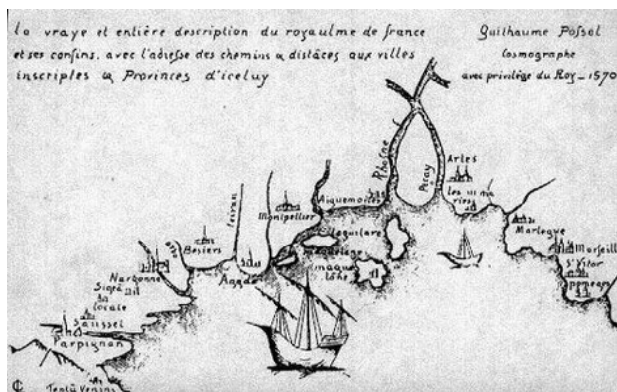
## Éléments historiques

Les éléments relatifs à la climatologie de la frange littorale du Golfe du Lion sont rares, pour l'ensemble des raisons suivantes :

- en raison de l'existence d'espaces lagunaires le long du littoral, favorables au développement de moustiques facteurs de maladies mortelles (paludisme), l'implantation humaine s'est développée principalement en rétro-littoral à l'exception des rares ports maritimes régionaux.

La frange littorale se montrant par ailleurs peu favorable au développement de l'agriculture, ces espaces littoraux ont été délaissés. Aussi, les tempêtes susceptibles d'affecter notablement le littoral n'apparaissent dans les chroniques historiques qu'à proximité des enjeux littoraux que sont les ports et les communes riveraines des lagunes, côté terre.

- Le littoral du Golfe du Lion a été marqué, du fait de sa nature sableuse, par une forte évolution de sa géographie au cours du dernier millénaire. Ainsi, au XVI<sup>e</sup> siècle, les lagunes languedociennes ne sont pas encore formées, comme en atteste la carte suivante de 1570. Les lidos se forment progressivement au XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècle pour isoler entre Agde et le Grau du Roi un étang unique, l'étang du Mergueil. Ces évolutions de la frange littorale sont au final peu propices à l'établissement de chroniques comparables dans le temps des évènements climatiques extrêmes et de leurs conséquences.



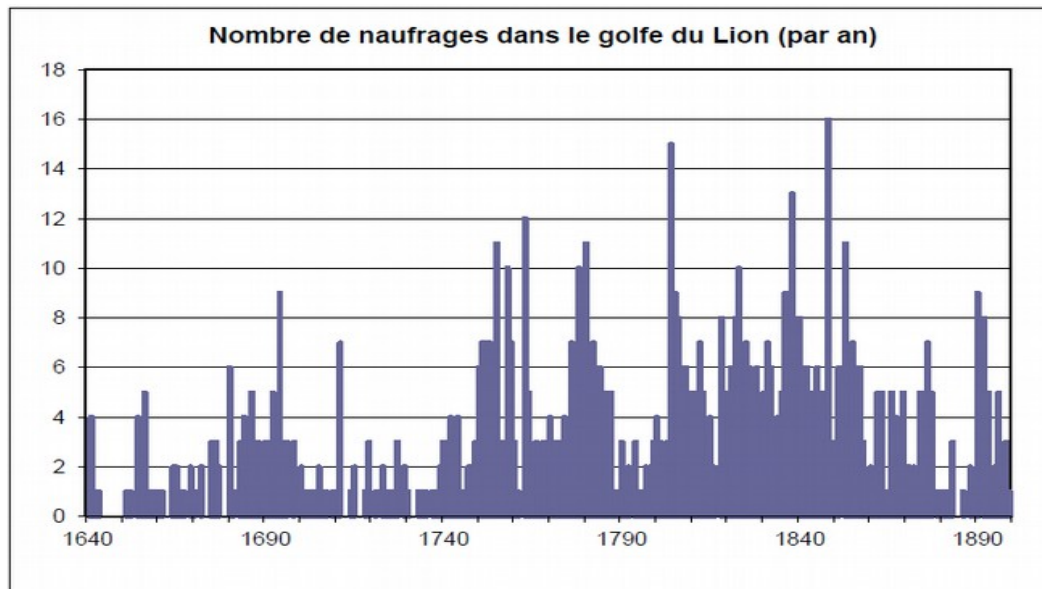
Carte du Golfe du Lion, 1570.



Carte du Golfe du Lion, 1719.

Pour l'ensemble de ces raisons, aucune donnée de hauteur d'eau atteinte par une submersion historique n'a pu être retrouvée. Les informations sont qualitatives et non quantitatives. Elles ont trait pour l'essentiel aux naufrages de navires sur le littoral languedocien (1) et aux calamités agricoles occasionnées par les submersions (2).

Gilbert LARGUIER, de l'Université de Perpignan Via Domitia dénombre 828 naufrages entre 1640 et 1899 dans le Golfe du Lion, avec des recensements ne concernant que le seul secteur de Narbonne pour le XVII<sup>e</sup> siècle, les secteurs de Sète et Collioure n'étant comptabilisés qu'à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle dans ce décompte qu'illustre le chronographe suivant.



Ces enregistrements concernent des événements générant des pertes importantes, tant en biens qu'en personnels navigants, obligeant les capitaines de navire à déclarer leurs pertes pour rendre compte aux affréteurs et armateurs du navire. Le recensement de ces 828 naufrages est donc largement sous-évalué.

Après avoir évacué les naufrages liés aux guerres ou aux actes de piraterie, Gilbert LARGUIER identifie trois grands cycles tempêteux générateurs de naufrage : la seconde moitié du XVII<sup>e</sup> siècle (notamment 1694), la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle et enfin une période plus courte allant de 1818 à 1860. Toutefois, il indique que le nombre et la gravité des naufrages sur ces périodes ne sont pas nécessairement corrélées aux tempêtes connues comme les plus importantes dans les chroniques climatiques. Les tempêtes historiques répertoriées sont les suivantes :

- tempête du 4 au 5 décembre 1742 : cette tempête a généré d'importants dégâts sur le port de Sète. La mer est qualifiée de « furieuse » et jette des vagues « à une si haute élévation que les habitants ont eu lieu de craindre d'être submergés ». « Dans l'étang situé derrière le lido, les eaux s'élevèrent au-dessus des digues du canal, "l'étang et la mer s'étant joints". »
- tempête du 6 novembre 1719 : « Une flottille de tartanes y avait été dépêchée pour ravitailler les troupes rassemblées pour faire le siège de la ville. Survint un coup de vent extraordinaire : 27 tartanes dont 22 d'Agde, alourdies par leur cargaison, furent submergées. »
- tempête du début du mois de mars 1694 « le vent avait soufflé durant plusieurs jours, obligeant les barques à rester dans les ports. Le 13, une accalmie leur permit de rallier la Nouvelle afin de prendre livraison du blé pour lequel ils étaient nolisés. Ceci fait, les marins mirent immédiatement à la voile. Ils n'eurent pas avancé d'une dizaine de miles que le temps se gâta brusquement. Une tempête inouïe se leva. Tous les bateaux en mer à ce moment là, même des tartanes de Martigues à l'ancre à côté du cap Leucate qui rompirent leurs amarres, furent jetés sur la plage de la Franqui. » (ADA. Amirauté)
- tempête du 28 février 1797 : « dans un secteur qu'ils fréquentaient depuis toujours, l'orage surprit encore davantage les pêcheurs de Gruissan ».

Gilbert LARGUIER cite également les années 1667, 1683, 1766 et 1848 comme ayant connu de grandes tempêtes d'origine marine, sans illustration de naufrages d'importance.

Philippe BLANCHEMANCHE, du Laboratoire d'Archéologie des Sociétés Méditerranéennes (Université Montpellier 3) a exploité les archives communales du Languedoc, conservées depuis le XV<sup>e</sup> siècle, pour mettre en évidence les événements climatiques ayant généré des inondations et des submersions marines. Il a ainsi identifié les épisodes de tempête suivants :

ANNEE	LIEU	ÉVÉNEMENT	DESCRIPTION	RÉFÉRENCE
1387	Montpellier	TEMPÊTE, VENT	20 juin: il a fait un grand vent à Montpellier et dans tout le terroir, jour et nuit, toutes les herbes de blé sur les aires emportées, arbres abattus (aura= vent qui peut être du Nord ou du sud, plutôt chaud)	P. ALEXANDRE, LE CLIMAT EN EUROPE AU MOYEN ÂGE, EHESS, 1987
1666	Lattes	ORAGE, TEMPÊTE	13 février : au jour de la Fête de Ste Lucie dernière ( 13 décembre 1666) il arriva un très grand orage que l'eau de l'étang vint submerger tous les patus en sorte que le salan y a fait un grand dommage. Nettoyer les immondices	A. D. H., 129 EDT 4 (EOT= Délibérations communales en dépôt aux AD)
1669	Lattes	TEMPÊTE	18 mai 1669, (...) depuis que le grau s'est ouvert du costé de Maguelonne les eaux salées ont fort grossy, elles ont submergé tous les patus, aussi toutes les terres du tènement des Méjeans et depuis plusieurs habitants ont fait plainte et prié la communauté de pourvoir, et parceque le bétail ne pourra à l'advenir trouver aucun pâturage dans le palus il est nécessaire d'arrêter les eaux salées et faire les réparations nécessaires. Il sera fait des levées avec terre et gazon pour protéger les terres. Concerne aussi les preds de Corrége. 700 livres pour faire les levées. Une levade sera faite en forme de cercle aux fins de détourner le cours de l'eau. 15 août 1669, les consuls ont constaté que l'eau salée a fait un grand dommage depuis que le grau s'est ouvert du côté de Maguelonne, les eaux de l'estan se grossissent au moindre vent marin et les eaux se déchargent dans la palus et pattus de la communauté à brûler les herbes du bétail de labourage; il est certain que la palus et patus deviendrait un marais et outre cela le tènement du terroir des Méjean se perdrait.	ADH 82 EDT 5
1694	Montpellier	Crue + tempête	Débordement extraordinaire du Lez comme quantité d'autres. La mer a grossi, elle couvrait la plage qui sépare la mer de l'étang depuis Agde jusqu'à Aigues-Mortes. Champs et vignes inondés. Maisons renversées. Bétail noyé.	D'Aigrefeuille, Histoire de Montpellier
1712	Villeneuve-les-Maguelone	TEMPÊTE, VENT	12 juin 1712 : le Sr Caila premier consul dit que les grands vents marins ont ravagé la plupart des fruits de tous les lieux maritimes principalement du dit Villeneuve se trouvant fort près de la mer qui est cause que le dommage a esté plus grand qu'aux autres endroits, ayant fait dommages vignes blés segles et autres grains menus(...) expertise demandée	MAIRIE BB3
1712	Sète	VENT, TEMPÊTE	5 mai : les biens en fond ont beaucoup souffert des grands vents de NO et en dernier lieu des grands vents de SSE, de façon que les vignes sont entièrement perdues aussi bien que les seigles	SÈTE AM BB 5 en mairie de Sète
1738	Sérignan	TEMPÊTE	1er Novembre 1738 : Gonflement des eaux de la mer qui se sont répandues ce qui causera un préjudice pendant 6 ans. En 1739, les terres du côté de la mer sont blanches et sans profit.	DELCO SERIGNAN
1742	Lattes	TEMPÊTE	décembre 1742: élévation des eaux de la mer ouverture du grau dans la plage vis à vis de Villeneuve partie de l'étang comblé par les sables, 300 toises de large, jusqu'au canal	ADH, G 2054 (G= Série ecclésiastique)
1742	Sérignan	TEMPÊTE	8 décembre 1742: le 4 décembre 1742 la marée a reflué et à gâter environ 1000 cestiers de semences de blé et autres: elles sont entièrement perdues sans aucun espoir, 2000 cesterées de terre qui sont en restouble ne pourront être semées de quelques années (la cesterée de sérignan= 24,63 ares/ 2000 cesterées= 493ha) 20 mai 1744 : A mesure que les jours rallongent, ces terres deviennent entièrement blanches du fait que les herbes meurent (par le sel).	ADH DELCO SERIGNAN
1742	Villeneuve-les-Maguelone	TEMPÊTE	30 novembre 1743 : le nouveau grau que la tempête a ouvert à l'étang de Maguelone le 4 décembre dernier (1742) ne doit pas être fermé attendu que depuis l'ouverture du grau il a été remarqué que les fièvres et les maladies mortelles dont les communautés voisines sont affligées tous les ans avaient totalement cessé, qu'il faut le laissé dans l'état ou la mer l'a formé mais qu'aussi que les réparations nécessaires pour le maintenir ouvert doivent être faites(...) défense à toutes personnes de le fermer, ni d'y faire aucun établissement ni ouvrages qui puissent y nuire	MAIRIE II 6 : La tempête de décembre 1742 est donc signalée à Lattes, Villeneuve et Sérignan
1790	Pérols	TEMPÊTE	30 mai 1790 : les gros temps de mer survenus cet hiver ont inondé les fossés appelés des Estagnols et les ont rendus impraticables sur une certaine longueur. Le sable de la mer a presque fermé les graus et empêchera les eaux de se rendre pendant cet été aux Estagnols. Ces événements ne peuvent que causer une perte réelle au fermier qui est dans la misère (pêcheries des Estagnols)	ADH 1 MI 627 R 1 Archives communales de Pérols MI= Microfilm
1848	Sète	TEMPÊTE	23 novembre 1848 : « Vent , grand frais au sud toute la nuit, grosse mer du large, à 7h du matin le vent par fortes rafales au SSE, la mer submerge le brise lames et couvre par des grosses lames une partie du môle Saint Louis. Plusieurs navires ancrés dans le bassin ont fait des avaries. A 8h, un navire a chaviré. Aucun homme de l'équipage n'a pu être sauvé »	ADH 4 S 60
1867	Sète	TEMPÊTE	7 janvier 1867 : grosse mer de SO, le 3 mâts américain Costellery (393 tonneaux) en difficulté devant le port	
1869	Sète	TEMPÊTE	6 décembre 1869 : épouvantable tempête	
1870	Villeneuve-les-Maguelone	TEMPÊTE	Mentionne la présence de variolites sur le premier cordon littoral à 3 kms d'Aigues-Mortes Après avoir dépassé Maguelone, longue terrasse de 1500 m, composée uniquement de cailloux sur laquelle était bâtie la caserne des douanes appelée Poste Philippe, qui envahie par la mer à partir de 1864 a été détruite par la tempête les 24 et 25 décembre 1870. Le seul pan de mur qui soit resté est dans l'eau.	Mémoire sur la topographie géologique des environs d'Aigues-Mortes Ch. Martins, Revue des Sciences Naturelles, III, 1874, pp. 43-60
1870	Sète	TEMPÊTE	1er janvier 1870 : vents de SSE, grosse mer	SOURCE: A. MOURET Le sauvetage en mer. Un siècle au large de Sète, ouvrage vendu au profit de la SNSM
1883	Villeneuve-les-Maguelone	TEMPÊTE	12 février: Naufrage sur la plage de la commune du navire italien "La Oulette"	MAIRIE NC
1893	Sète	TEMPÊTE/CYCLON E	septembre: cyclone et coup de vent, naufrages de bateaux dans le port de Sète, toitures emportées	article de journal
1907	Marsillargues	TEMPÊTE	1907: Mer très grosse le 16 octobre	ADG 7M2041, 3S1-332, 7S 296, 7S 571. Coïncide avec une série de crues du Vidourle et de l'Hérault
1923	Castelnau	TEMPÊTE	Violente tempête sur la Méditerranée à partir du 10 novembre, "ouragan" à Sète le 10	signalé par L. Davy (BSLG)
1955	Gignac, Agde Sérignan	TEMPÊTE	Hérault à 8,15m à Gignac et 3,10m à Agde le 7 janvier 1er février: Hérault à 8,80m à Gignac (Hérault), 2,88m à Agde (Hérault) et 1520m3/s à Pont de Bertrand (Hérault), "raz-de-marée" à Sérignan et Sète le 3 février	signalé aussi par Rougé (BSLG)

L'ensemble de ces chroniques atteste de la fréquence et de la violence de tempêtes d'origine marine sur le littoral languedocien depuis le XVII<sup>e</sup> siècle.

Si les éléments historiques sont essentiels qualitatifs, on note deux citations permettant d'apprécier qualitativement l'évènement de 1742 : les digues du canal du Rhône à Sète ont été submergées (leur côte moyenne est de 2m NGF) et l'évènement a généré au droit de Villeneuve-les-Maguelone un cône de tempête de 300 toises de long (soit 500m environ), jusqu'au canal du Rhône à Sète, bien supérieur à celui de la tempête de 1982, évènement récent maximal enregistré.

**Il existe ainsi des événements historiques pour lesquels le niveau marin a été supérieur à 2,00 m NGF et donc d'occurrence plus faible que l'évènement centennal en Méditerranée.**

### Apports de la paléotempestologie

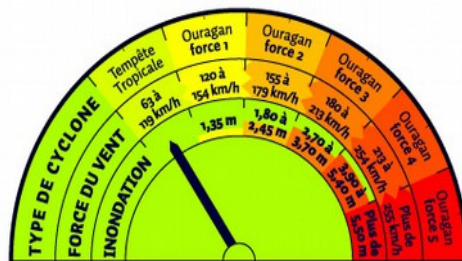
En l'absence d'enregistrements historiques quantitatifs, la paléotempestologie (Liu and Fearn, 1993) est une méthode scientifique qui permet de reconstituer les tempêtes et les cyclones du passé à partir d'archives sédimentaires. Cette méthode utilise des traceurs géologiques comme la granulométrie, 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-les-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 Dezileau évaluent la probabilité d'avoir un tel événement extrême par an à 0,06 % (**événement de période de retour 1 500 ans**) sur les 2000 dernières années, ramené à une probabilité de 0,86 % par an pour le seul Petit Âge Glaciaire (événement de période de retour 120 ans).

**Il est donc attesté que le littoral méditerranéen a historiquement été exposé à une tempête extrême, de période de retour supérieure à 1000 ans, et ayant généré une élévation du niveau marin à la côte supérieure à 2,70m. En additionnant cette surcote à la marée, on atteint bien un niveau de 2,80 m NGF pour un événement extrême en Méditerranée.**

### Apports de l'analyse géomorphologique

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.

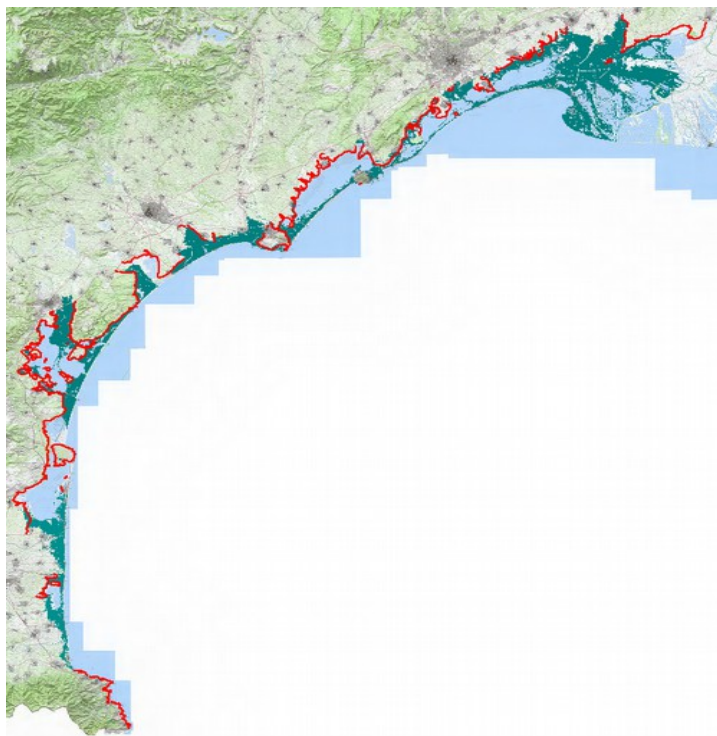
Les zones identifiées sont les suivantes :

- 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 une qualification de l'aléa 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 encaissants définies dans l'AZISM. Ces terrains ont donc été soumis à l'échelle géologique à l'influence marine.**

## Conclusion

L'ensemble de ces éléments, qualitatifs et quantitatifs, permet d'accréditer l'estimation par le calcul, en sommant toutes les composantes du niveau marin, à 2,80 m NGF de l'aléa extrême submersion marine en Méditerranée.

L'estimation est attestée par les éléments d'analyse issus de la paléotempestologie, notamment des travaux de thèse conduit par P. Sabatier dans le Golfe d'Aigues Mortes qui ont permis d'identifier une tempête d'occurrence inférieure à 1000 ans en 1742, ayant provoqué une élévation du niveau marin à la côte de 2,80 m NGF au moins.

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 2,80m NGF, et qui ont donc été à l'échelle géologique soumis à l'influence marine.



## V. Description de la méthode d'estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée

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

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

### Données sources

Données carroyées de population 2009 (carreaux de 200\*200m) (les données de 2010 n'étant plus téléchargeables sur le site de l'INSEE...).

Données du foncier 2010 ("MAJIC 2010"), traitées (géoréférencement, anonymisation, remontée de données utiles à l'échelle de la parcelle, ...) et livrées par le CETE Nord-Picardie.

Population INSEE à la commune 2010.

### Étape 1 : Répartition des données de population sur les parcelles, carreau par carreau

Formule utilisée : Population à la parcelle (popfisc) = Population du carreau \* Surface d'habitation dans la parcelle (Stoth) / Somme des surfaces d'habitation (Stoth) de toutes les parcelles contenues dans le carreau. Pour identifier "les parcelles contenues dans le carreau", une requête géographique de type intersection est utilisée : "parcelles qui intersectent le carreau" (les "parcelles" sont matérialisées par un point dont les coordonnées sont fournies pour chaque parcelle par le CETE Nord-Picardie dans sa livraison).

Si l'on additionne popfisc sur toute une commune, on ne retombe pas sur la population "officielle" de l'INSEE.

Ceci est dû à la méthode de l'INSEE utilisée pour créer les données carroyées : ces données viennent des déclarations fiscales, et peuvent donc différer des données issues du recensement. (Ex : étudiants rattachés au foyer fiscal de leurs parents, inversion logement principal/habitation secondaire, ...).

On utilise alors un recalage aux deux étapes suivantes.

### Étape 2 : Calcul d'un coefficient correcteur communal pour "recaler" la population "fiscale" sur la population issue du recensement INSEE

Coefficient correcteur = Population communale INSEE 2010 / Somme des "populations fiscales" (popfisc) de toutes les parcelles de la commune.

Pour identifier "toutes les parcelles de la commune", une requête attributaire est utilisée : parcelles dont le code INSEE est égal à celui de la commune.

### Étape 3 : Application de ce coefficient correcteur communal sur chaque parcelle

Population finale de la parcelle (PopINSEE) = Population "fiscale" de la parcelle (popfisc) \* Coefficient correcteur communal.

On utilise bien les densités de population les plus fines possibles (population carroyée 200\*200m), et la donnée la plus exhaustive possible pour connaître la surface de logement : la surface de logement recensée dans les données du foncier (utilisée pour le calcul de la taxe d'habitation).

La méthode prend bien en compte le fait que la population communale n'est pas uniformément répartie sur toute la commune (utilisation des carreaux de 200\*200m), le coefficient correcteur communal est juste un ajustement statistique en fin de chaîne.

## Étape 4 : Croisement de la population avec les données hydrauliques

Une fois la base de données établie pour l'estimation de la population, une analyse spatiale avec les données hydrauliques est effectuée à partir d'un système d'information géographique. Cette analyse est calculée à partir des enveloppes de synthèse de la cartographie de chaque aléa (débordement de cours d'eau, submersions marines, ruissellement, remontées de nappe) par scénario (fréquent, moyen, moyen plus changement climatique le cas échéant, extrême) et par commune.

### Remarque sur la représentation des résultats

Compte-tenu des incertitudes propres à la méthode utilisée, il a été choisi de définir une valeur « seuil » de 20 habitants dans l'affichage du dénombrement de la population communale par surface inondable. Dès lors, au-dessous de ce seuil, l'estimation de la population, non nulle, est remplacée par l'information « inférieur à 20 ».

## VI. Description de la méthode d'estimation des emplois

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

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

### Données sources

La base de données SIRENE est gérée par l'Insee. Cette base de référence unique et exhaustive sur les entreprises et leurs établissements, mise à jour quotidiennement, contient l'état civil et les informations économiques de 9 millions d'établissements et 5 millions d'entreprises. Les personnes morales et entrepreneurs individuels y sont enregistrés, quel que soit leur secteur d'activité.

La DGPR s'est portée acquéreur de cette base.

### Étape 1 : Géolocalisation des données emploi

Les données emplois issues de la base de données SIRENE ont été géolocalisées sur les 894 communes identifiées dans l'ensemble des TRI par l'arrêté du 12 décembre 2012 du préfet coordonnateur de bassin.

Après un premier travail de géolocalisation en interne à la DREAL de bassin, la DGPR a fait appel à prestataire afin de réaliser ce géocodage (données du mois de novembre 2013) et offrir une donnée de meilleure qualité.

Le travail d'ajustement s'est appuyée notamment sur :

- la qualification d'indicateurs pertinence de géolocalisation par établissement (adresse précise, rue, commune, autre) en vue de retravailler sur les installations mal géolocalisées ;
- un correctif sur les petites entreprises dont la base donnée SIRENE exclu les gérant dans la comptabilisation des emplois ;

Néanmoins, des erreurs ainsi que des biais subsistent. Certaines sont liées au fichier SIRENE, en effet certaines informations ne sont pas renseignées (effectif salarié par exemple). Ces enregistrements prennent la valeur de 1 pour les emplois maximum et minimum par défaut, sous-estimant les effectifs. Également, il est possible que certains effectifs soient répartis sur une seule adresse, alors qu'ils se partagent sur plusieurs lieux (cas de certaines administrations publiques). Ces effectifs ont été exclus. Un autre point concerne la qualité du géocodage qui est sujette aux erreurs. L'absence de géolocalisation et le manque de précision ont, dans certains cas, été corrigé en répartissant les effectifs mal localisés sur les entreprises bien localisées. Des erreurs subsistent du fait des manques et des imprécisions des données initiales. Toutefois, ces nouvelles bases de données « emplois » offrent une meilleure estimation

comparativement à la précédente.

## Étape 2 : Croisement de la population avec les données hydrauliques

Une fois la base de données établie pour l'estimation des emplois, une analyse spatiale avec les données hydrauliques est effectuée à partir d'un système d'information géographique. Cette analyse est calculée à partir des enveloppes de synthèse de la cartographie de chaque aléa (débordement de cours d'eau, submersions marines, ruissellement, remontées de nappe) par scénario (fréquent, moyen, moyen plus changement climatique le cas échéant, extrême) et par commune.

### Remarque sur la représentation des résultats

Compte-tenu des incertitudes propres à la méthode utilisée, il a été choisi de définir une valeur « seuil » de 5 emplois dans l'affichage du dénombrement des emplois à la commune par surface inondable. Dès lors, au-dessous de ce seuil, l'estimation des emplois, même nuls, est remplacée par l'information « inférieur à 5 ».

## VII. Description de la méthode d'estimation de la population saisonnière

### Le Contexte

Dans le cadre des travaux méthodologiques pour la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive inondation, il a été mis en évidence le besoin de disposer de données non seulement sur les populations permanentes, mais également sur les populations saisonnières, au travers de la variation de population pour une commune donnée.

L'évaluation de cette variation a été jugée indispensable pour les communes littorales. Il serait en effet difficilement compréhensible pour des territoires touristiques d'évaluer et de cartographier les risques sans tenir compte des populations présentes dans la pleine saison.

Deux types d'indicateurs ont ainsi été définis pour qualifier l'éventuelle affluence touristique des communes appartenant à un TRI : le surplus de population saisonnière théorique et le taux de variation saisonnière théorique.

Un territoire est susceptible d'accueillir la population permanente, la population touristique saisonnière qui séjourne sur ce territoire, des travailleurs saisonniers, et des visiteurs à la journée.

Si l'on ne dispose généralement pas de chiffres sur les travailleurs saisonniers et sur les visiteurs à la journée, des données existent en revanche sur les populations touristiques. En théorie, il conviendrait de confronter la saisonnalité de l'aléa (lorsqu'elle existe et c'est souvent le cas pour les inondations) aux variations saisonnières réellement constatées. En pratique, seules des études très ponctuelles s'intéressent aux variations réellement constatées de population et il reste difficile de « saisonnaliser » l'aléa.

Pour ces raisons, il est ici choisi de s'intéresser à la capacité d'accueil des communes, plutôt qu'aux fréquentations. La notion a le mérite d'exister dans les méthodes du ministère du tourisme, et permet de s'exonérer d'une baisse conjoncturelle de la fréquentation pour revenir vers des notions de bâtis, propres aux territoires étudiés.

### Définition de la capacité d'accueil touristique

La capacité d'accueil touristique d'un territoire est un indicateur qui peut être suivi tant au niveau quantitatif que qualitatif. Du point de vue quantitatif, cette capacité se définit toujours par un nombre de "lits" et représente le potentiel du territoire à accueillir dans le cadre d'une "nuitée" un certain nombre de touristes.

L'accueil des touristes peut être réalisé au travers de plusieurs types d'hébergements : les hébergements collectifs (villages de vacances, maison familiale de vacances, résidences de tourisme, auberge de

jeunesse, centres internationaux de séjour, centres sportifs), l'hôtellerie, l'hôtellerie de plein air (campings), les locations saisonnières (meublés classés de tourisme, chambres d'hôtes), les résidences secondaires.

### **Des définitions sont proposées par le mémento du tourisme 2011.**

Les hôtels de tourisme sont des établissements commerciaux d'hébergement classés (ou homologués), qui offrent des chambres ou des appartements meublés en location à une clientèle de passage ou à une clientèle qui effectue un séjour à la journée, à la semaine ou au mois mais qui, sauf exception, n'y élit pas domicile. On distingue les hôtels indépendants et les hôtels de chaînes (classés ou non classés). Les hôtels de chaînes sont des enseignes appartenant à des groupes hôteliers. Ainsi au 1er janvier 2011, l'hôtellerie de tourisme comptait 17 070 hôtels en France métropolitaine, dont 13 934 hôtels indépendants et 3 136 hôtels de chaînes, et 220 hôtels dans les DOM, dont 217 hôtels indépendants et 3 hôtels de chaînes.

Les résidences de tourisme sont des établissements commerciaux d'hébergement classés, faisant l'objet d'une exploitation permanente ou saisonnière. Elles sont constituées d'un ou plusieurs bâtiments d'habitation individuels ou collectifs regroupant, en un ensemble homogène, des locaux d'habitation meublés ou des locaux à usage collectif. Les locaux d'habitation meublés sont proposés à une clientèle touristique qui n'y élit pas domicile, pour une occupation à la journée, à la semaine ou au mois. Elles sont dotées d'un minimum d'équipements et de services communs.

Les campings sont destinés à l'accueil de tentes, de caravanes, de résidences mobiles de loisirs et d'habitations légères de loisirs. Ils sont constitués d'emplacements nus ou équipés de l'une de ces installations ainsi que d'équipements communs. Dans ce chapitre, on comptabilise l'ensemble des emplacements offerts, qu'il s'agisse d'emplacements de passage ou d'emplacements résidentiels.

Un emplacement de passage est un emplacement destiné à une clientèle touristique qui n'y élit pas domicile. Dans les emplacements de passage, on distingue les emplacements nus et les emplacements équipés, d'un hébergement léger de type chalet, bungalow ou mobile home. Un emplacement résidentiel (ou loué à l'année) est un emplacement réservé à la location résidentielle, c'est-à-dire à un seul client pour l'ensemble de la période d'ouverture du camping.

Les villages de vacances sont des établissements touristiques constitués d'hébergements individuels ou collectifs proposant des séjours de vacances et de loisirs sous forme de forfait, comprenant la restauration ou des moyens individuels pour la préparation des repas ainsi que l'usage des équipements collectifs de loisirs sportifs et culturels. La plupart des villages de vacances sont gérés par des associations de tourisme social (établissements affiliés à l'UNAT) ; les autres sont exploités par des sociétés commerciales (par exemple le Club Méditerranée).

Les maisons familiales de vacances sont des établissements sans but lucratif, à caractère social, familial et culturel qui ont pour principale vocation l'accueil des familles pendant leurs vacances et leurs loisirs. Elles sont, en priorité, ouvertes aux familles ayant des revenus modestes.

Les meublés classés de tourisme sont des villas, appartements, ou studios meublés, à l'usage exclusif du locataire, offerts en location à une clientèle de passage qui y effectue un séjour caractérisé par une location à la journée, à la semaine ou au mois, et qui n'y élit pas domicile. Ils doivent être déclarés en mairie, où leur liste est consultable. Les meublés classés de tourisme comprennent les meublés labellisés et les meublés non labellisés.

Les chambres d'hôtes sont des chambres meublées situées chez l'habitant en vue d'accueillir des touristes, à titre onéreux, pour une ou plusieurs nuitées, assorties de prestations.

Les auberges de jeunesse sont des établissements généralement régis par une association à but non lucratif. Elles offrent aux usagers un hébergement et un service de restauration limité et/ou une cuisine individuelle de même que d'autres prestations, programmes et activités.

Les centres internationaux de séjour ont une double vocation : lieu d'hébergement et de restauration, c'est aussi un lieu culturel. Le concept du CIS repose sur la convivialité, la rencontre et les échanges internationaux.

Les centres sportifs sont des centres d'accueil et d'hébergement proposant des installations et des activités sportives. Ce sont des établissements du type UCPA ou les Glénans.

Les résidences secondaires sont des logements utilisés pour les week-ends, les loisirs ou les vacances.

L'estimation de la capacité d'accueil est effectuée à partir des ratios définis par le code du tourisme dans son article R133-33, en vue de qualifier une commune de « touristique ».

## Données disponibles

Dans ses « données détaillées localisées », l'INSEE recense la « Capacité des communes en hébergement touristique », et les données sont disponibles de 2003 à 2012. Toutefois, certaines de ces informations ne sont pas disponibles de manière homogène sur l'ensemble du territoire national au niveau communal. C'est le cas pour les hébergements collectifs et les chambres d'hôtes. Au sein des résidences secondaires, il convient de noter que la proportion de logements dévolus à la location saisonnière est une inconnue.

Les variables, issues de la base de donnée de l'INSEE, qui ont pu être exploitées sont listées ci-dessous :

- Nombre total de chambres dans les hôtels classés : HCCH12
- Nombre total de chambres dans les hôtels de chaîne non classés : HNCCH12
- Nombre total d'emplacements offerts à la clientèle de passage dans les campings classés : CPGE012
- Nombre de résidences secondaires en 2009 : P09\_RSEC
- Nombre de résidences secondaires et de logements occasionnels : P09\_RSECOCC
- Nombre de lits en village de vacances et maisons familiales : VILL\_MAIS
- Nombre de lits en auberges de jeunesse et centres internationaux de séjour : AUBJ\_CIS
- Nombre de lits en résidences hôtelières et résidences de tourisme : RESID\_TOUR
- Nombre de lits en centres sportifs : CEN\_SPORT
- Population recensée : P09\_POP

## La méthode d'estimation de l'affluence saisonnière

La méthode retenue a consisté, sur la base des fichiers INSEE et des ratios du code du tourisme, de procéder aux calculs sur les communes des TRI métropolitains.

Les résidences secondaires (5 personnes) et les locations saisonnières (4 personnes) ne peuvent être distinguées. Par ailleurs les chambres d'hôtes (2 personnes) ne seront pas comptabilisées. Il a été choisi d'affecter le coefficient 5 à la variable P09\_RSEC (résidences secondaires).

Enfin, une seule personne est comptabilisée par logement occasionnel, ces logements étant obtenus par les variables P09\_RSEC (sans logements occasionnels) et P09\_RSECOCC (avec).

La formule retenue est donc :

pour le surplus de population saisonnière théorique :

$HAB\_SAISON = 2 \times (HNCCH12 + HCCH12) + 3 \times CPGE012 + 5 \times P09\_RSEC + (P09\_RSECOCC - P09\_RSEC) + Nb$   
places dans hébergements collectifs.

Avec Nb places dans hébergements collectifs = VILL\_MAIS + AUBJ\_CIS + RESID\_TOUR + CEN\_SPORT.

pour le taux de variation saisonnière théorique :

$TX\_HAB\_SAI = HAB\_SAISON / HAB\_PERM$

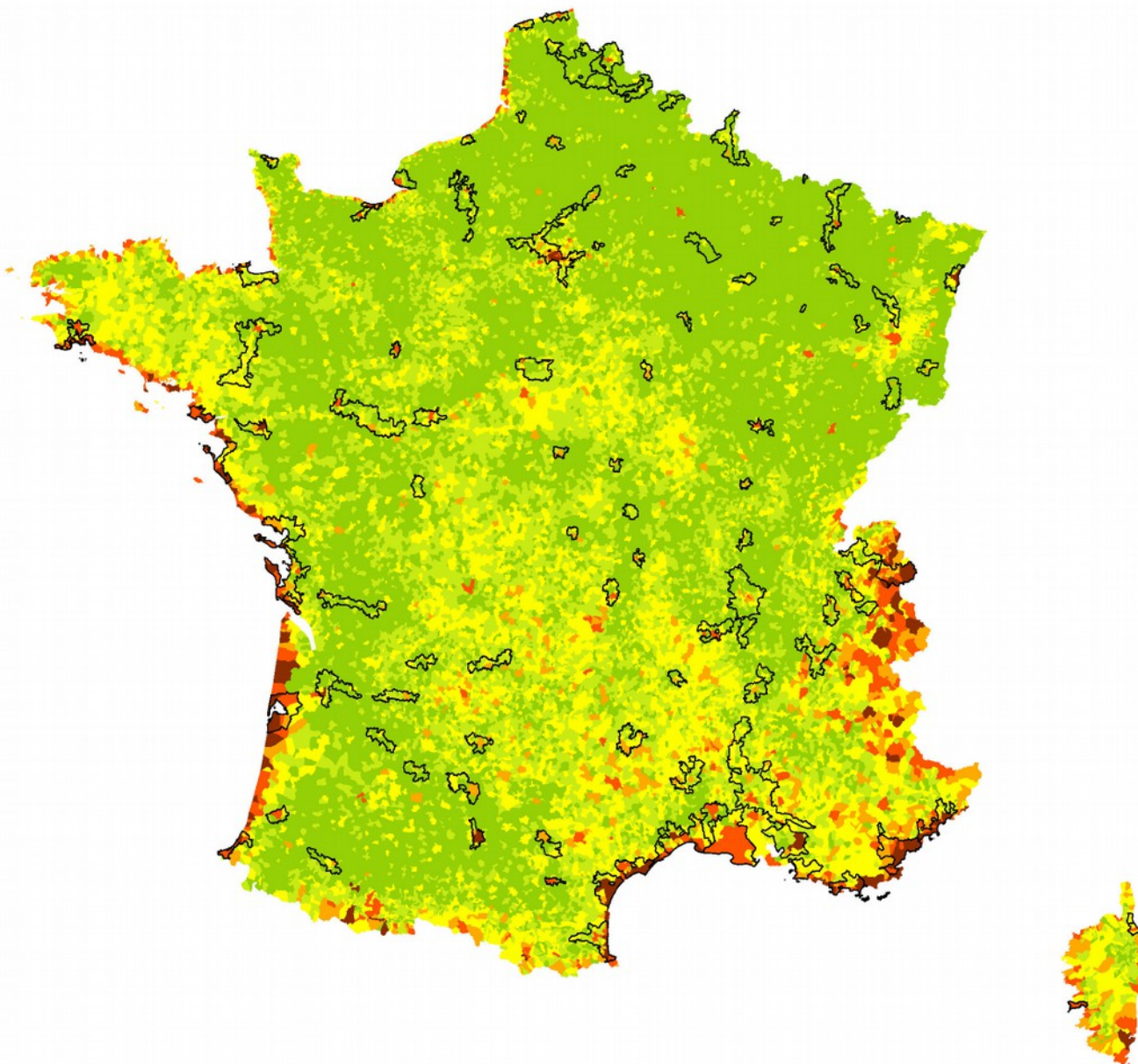
**Ces indicateurs restent informatifs au regard de l'exposition potentielle de l'affluence saisonnière aux inondations faute de précision.**

L'analyse des variations saisonnières diffère fonction des territoires littoraux ou de montagne. Ce résultat 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 cartes suivantes montrent les variations saisonnières obtenues, en valeur relative et absolue.

## Dénombrement de la population Variation communale saisonnière

Echelle: 1 / 6000000



La variation communale saisonnière est l'augmentation maximale théorique de population liée à l'accueil saisonnier d'une commune. Cette augmentation est calculée sur la base de ratios définis dans l'article R133-33 du code du tourisme.

Sont pris en compte :

- les chambres des hôtels classés et non classés (2 personnes par chambre),
- les emplacements des campings (3 personnes par emplacement),
- les résidences secondaires (5 personnes par logement),
- les lits en hébergements collectifs (1 personne),
- les logements occasionnels (1 personne).

Les meublés loués à des fins touristiques sont compris dans les résidences secondaires. Les chambres d'hôtes ne sont pas comptabilisées.

Données sources :

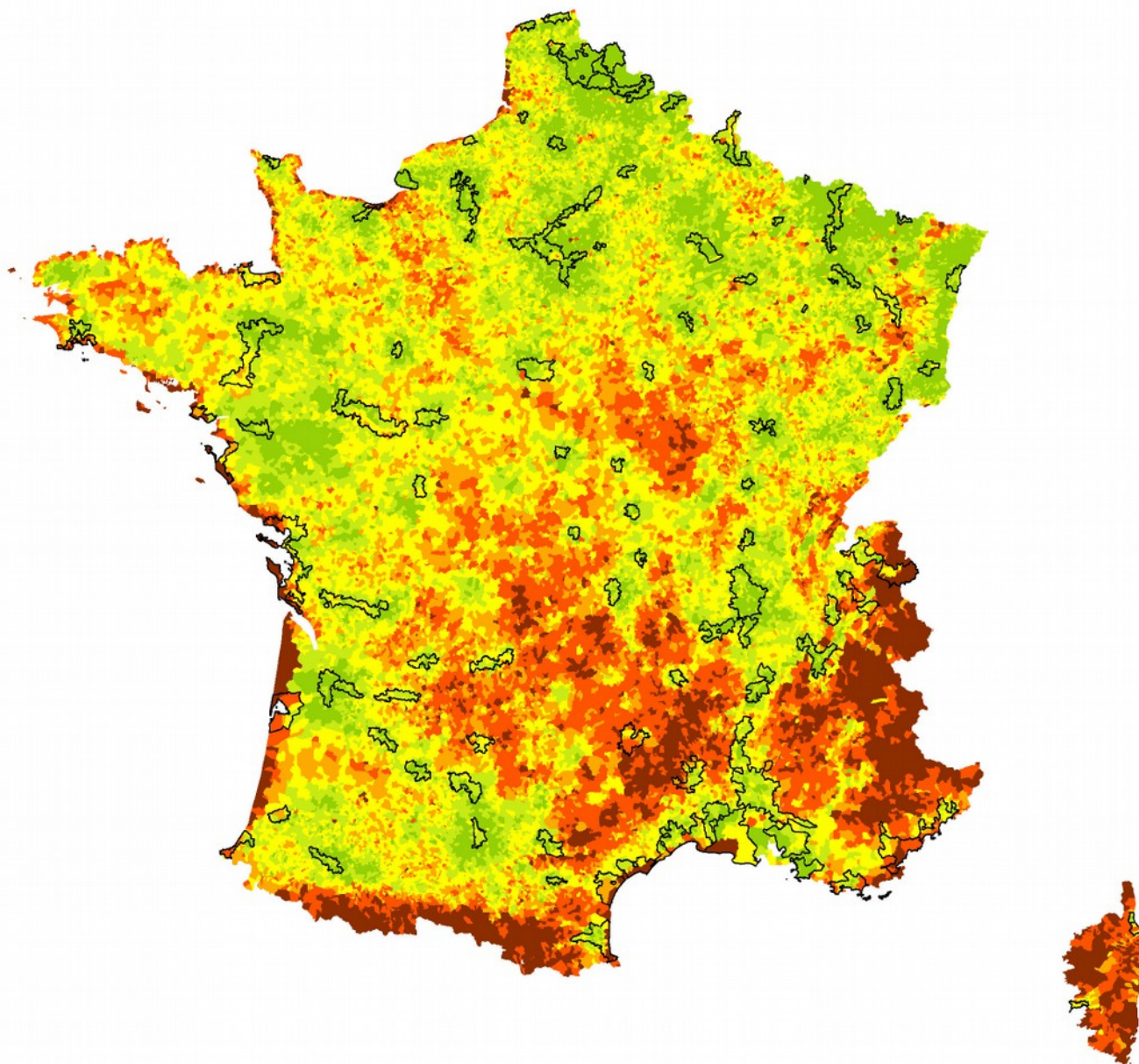
IGN GEOFLA® 2010  
INSEE (2012 pour les hôtels, les campings et les hébergements collectifs, 2009 pour les résidences secondaires, les logements occasionnels et le recensement de la population).

Surplus saisonnier de population

- de 0 à 50 hab
- de 50 à 200 hab
- de 200 à 500 hab
- de 500 à 2000 hab
- de 2000 à 10000 hab
- plus de 10000 hab

## Dénombrement de la population Taux de variation communale saisonnière

Echelle: 1 / 6000000



Le taux de variation communale saisonnière est le rapport de l'augmentation maximale théorique de population liée à l'accueil saisonnier d'une commune à sa population permanente. Cette augmentation est calculée sur la base de ratios définis dans l'article R133-33 du code du tourisme.

Sont pris en compte :

- les chambres des hôtels classés et non classés (2 personnes par chambre),
- les emplacements des campings (3 personnes par emplacement),
- les résidences secondaires (5 personnes par logement),
- les lits en hébergements collectifs (1 personne),
- les logements occasionnels (1 personne).

Les meublés loués à des fins touristiques sont compris dans les résidences secondaires. Les chambres d'hôtes ne sont pas comptabilisées.

Données sources :

IGN GEOFLA® 2010  
INSEE (2012 pour les hôtels, les campings et les hébergements collectifs, 2009 pour les résidences secondaires, les logements occasionnels et le recensement de la population).

Taux de variation saisonnière

- de 0 à 5%
- de 5 à 15 %
- de 15 à 50 %
- de 50 à 100 %
- de 100 à 300 %
- plus de 300 %



## **VIII. Métadonnées du SIG structurées selon le standard COVADIS Directive inondation**

Les bases données ayant servi à produire les cartes soumises à consultation seront téléchargeables à partir de début 2014 pour les TRI dont la cartographie sera arrêtée fin 2013.

La structuration de ces bases de données sera structurée en respectant le modèle de données établi par l'IGN et validé par la Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée (COVADIS)<sup>1</sup>. La structuration de ces informations est détaillée sur <http://www.certu.fr/geostandard-directive-inondation-a326.html>.

Cette partie relative aux métadonnées SIG propres à chaque TRI sera donc complétée ultérieurement à la phase de consultation sur la cartographie.



**Direction régionale de l'Environnement  
de l'Aménagement et du Logement  
RHÔNE-ALPES  
délégation de bassin Rhône-Méditerranée**

69453 LYON CEDEX 06

**Tél : 33 (01) 04 26 28 60 00  
Fax : 33 (01) 04 26 28 67 19**





DANS LE CADRE DE L'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE  
REQUISE POUR LE PROJET DE RECONSTRUCTION DU  
CENTRE HELIO-MARIN DE BANYULS-SUR-MER

Projet de reconstruction du centre hélio-marin sur le territoire de la commune de Banyuls-sur-Mer (66)

**DOCUMENT DE REPONSE AUX OBSERVATIONS EMISES DANS L'AVIS DE L'AUTORITE  
ENVIRONNEMENTALE**

**sur le dossier présentant le projet et comprenant l'étude d'impact**

(articles L122-1 et suivants du Code de l'environnement)

**Références MRAe :**

N° saisine : 2019-7497  
Avis émis le : 22/10/2019

**Co-maîtrise d'ouvrage :**

- Commune de Banyuls-sur-Mer  
- USSAP-ASCV

Date : 27/01/2020

N°	Observations de l'autorité environnementale	Réponse de la Maîtrise d'Ouvrage
Etude d'impact / p.7	La MRAe recommande de compléter la description du projet dans ses aspects programmatiques (nombre de bâtiments, nombre d'étages, matériaux utilisés, système de chauffage, etc.).	<p>Le projet consiste en la création d'un bâtiment unique (le Centre Hélio-Marin) ondulant et se fondant dans les courbes de niveaux du site et contenant plusieurs sous ensembles au niveau fonctionnel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une MAS de 60 lits,</li> <li>• un EHPAD de 144 lits</li> <li>• les locaux communs aux deux structures d'hébergement et de soins (buanderie, pharmacie, cuisine, locaux du personnel et bureaux...).</li> </ul> <p>La MAS contient plus précisément deux niveaux (niveaux 16,30 NGF et 19,90NGF), l'EHPAD trois niveaux (niveaux 7,20NGF, 10,80NGF et 14,40NGF), et les locaux communs se déploient sur deux niveaux (niveaux 7,20NGF et 10,80NGF). Cependant le jeu des strates et des empilements dans la déclivité du terrain naturel font, que le projet complet se déploie sur quatre niveaux principaux.</p> <p>L'architecture du bâtiment a été pensée dans une succession et d'empilement de strates. Un socle en pierre de schiste (gabions) constitue la base du bâtiment, ondulant selon les courbes topographiques pour se fondre dans son environnement. Ce socle se sculpte selon la pente du terrain et les murets du paysage. Selon la déclivité du sol, (et quand sa hauteur lui permet de l'habiter), il abrite les parkings du personnel, les locaux techniques et la cour de livraison.</p>

N°	Observations de l'autorité environnementale	Réponse de la Maîtrise d'Ouvrage
<p>Etude d'impact / p.7 (suite)</p>	<p>La MRAe recommande de compléter la description du projet dans ses aspects programmatiques (nombre de bâtiments, nombre d'étages, matériaux utilisés, système de chauffage, etc.).</p>	<p>Sur ce socle en pierre du pays, viennent se poser une succession de « maisonnées » abritant des petits ensembles de 6 à 8 chambres constituant une seconde strate, et concentrant les lieux d'hébergement de la MAS et de l'EHPAD. S'inspirant de l'architecture traditionnelle des habitations catalanes (toits en tuiles, murs en enduit aux teintes ocres, fenêtres verticales), une écriture contemporaine d'habitation a été recherchée pour ces maisonnées.</p> <p>Au sein de petits écrins en enduit blanc-cassé affirmant l'idée de boîtes claires protectrices, un jeu de panneaux béton préfabriqués teintés et de fenêtres aux allèges basses animent les façades des chambres.</p> <p>Les installations techniques du projet seront communes aux deux établissements principaux et comprendront :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une chaufferie constituée de chaudières gaz à condensation pour couvrir les besoins en chauffage et en production d'eau chaude sanitaire</li> <li>- de Groupes d'eau glacée permettant de couvrir les besoins de rafraîchissement</li> <li>- de Productions d'eau chaude sanitaire à accumulation de fluide primaire spécifique pour couvrir les besoins de chaque bâtiment</li> <li>- d'un groupe électrogène de secours du site</li> <li>- d'un poste HT d'alimentation électrique du site</li> <li>- de postes BT pour chaque entité.</li> </ul> <p>Chaque bâtiment sera équipé d'un système de chauffage et de rafraîchissement assuré pour les zones d'hébergement, les circulations et les halls principaux de dalles actives, pour les autres locaux de ventiloconvecteurs et/ou radiateurs. La ventilation des locaux sera traitée à l'aide de Centrale de traitement d'air double flux, qui participe également au rafraîchissement des locaux. Des centrales spécifiques seront également destinées au traitement d'air des zones Cuisine / Laverie/ office etc.</p>
<p>Chapitre risque inondation / p.8</p>	<p>La MRAe, pour une information complète, recommande de compléter ce chapitre par une information concernant le risque submersion inscrit au PPRi de la commune.</p>	<p>La commune de Banyuls sur Mer est concernée par le risque submersion marine (PPR de BANYULS-SUR-MER). Le risque de submersion marine est présent en bordure de site; toutefois le projet n'est pas concerné par ce risque. Le projet est situé en zone de risque d'inondation et risque torrentiel, le projet prévoit des aménagements permettant de ne plus être exposé à ces risques, confirmés par la modélisation hydraulique.</p>

N°	Observations de l'autorité environnementale	Réponse de la Maîtrise d'Ouvrage
Entretien du chenal / p.8	La MRAe recommande de préciser les mesures d'entretien prévues pour le chenal dans son intégralité, ainsi que pour les fossés de colature.	Il est conseillé de réaliser un curage tous les 5 à 10 ans ainsi qu'un faucardage et enlèvement des végétaux mensuel. L'absence d'aménagements et de plantations à l'intérieur de l'ouvrage de par sa fonction, permet de s'affranchir d'un entretien particulier.
Rejets du chenal sur la plage / p.8	La MRAe, au regard de l'absence d'analyse des impacts du rejet du chenal sur la plage, et compte tenu d'un risque potentiel d'entraînement du sable vers la mer au débouché du chenal susceptible de provoquer un panache turbide, recommande de compléter l'étude sur ce point.	<p>Au niveau des mesures d'évitement et de réduction la pollution de l'eau peut être liée à la présence de Matières En Suspension (MES) dans le milieu, qui créent de la turbidité. Aussi, tant la nature des MES que la turbidité en elle-même sont susceptibles d'impacter le milieu en provoquant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'augmentation des concentrations de polluants dans l'eau ;</li> <li>• La diminution de l'activité photosynthétique principalement sur les végétaux sessiles ;</li> <li>• L'eutrophisation du milieu pouvant entraîner un important « fleurissement » microbiologique néfaste pour la santé humaine et l'environnement.</li> </ul> <p>Afin d'éviter, de limiter l'extension d'un panache turbide, un rideau anti-MES pourra être positionné autour des travaux. Il s'agit de barrières de faible perméabilité faites de géotextiles tissus (grammage 200 g/m<sup>2</sup>) ou de Nylon ou de polyester renforcés de PVC ou encore de Kevlar / polyester. Elles sont maintenues en place par des flotteurs et un lest à leur extrémité inférieure (chaîne, poids régulièrement espacés, piquets). Des câbles de tension peuvent être disposés verticalement dans l'écran, au-dessus des segments de flottaison et à intervalles réguliers pour absorber les tensions créées par les courants et les autres forces hydrodynamiques. Ces écrans sont généralement fabriqués en sections de 50 m de longueur et leur hauteur peut être adaptée aux conditions locales. La partie immergée de l'écran peut atteindre 6 m de hauteur.</p> <p>Les sections peuvent être rajoutées pour atteindre le linéaire souhaité. Les écrans peuvent être déployés en chicanes, demi-cercles ou cercles. Les écrans protecteurs ou écran anti-turbidité sont utilisés à proximité immédiate des opérations de dragage, de dépôt ou des travaux maritimes en général pour limiter la dispersion des particules remises en suspension. De façon générale, les écrans constituent un moyen efficace dans les eaux calmes et peu profondes. Dans tous les cas, il faudra chercher à circonscire le plus étroitement possible les sites d'où proviennent les matières solides en suspension ou encore les zones sensibles à protéger.</p> <p>La pose d'un écran anti-turbidité permettra de réduire les départs de déchets et de particules fines vers l'extérieur. Le retour d'expérience de l'utilisation de ce type d'écran montre que la turbidité peut être réduite de 80 à 90 % à l'extérieur de l'écran. Les différents mouillages destinés à fixer l'écran (ancres, lestage de jupe, dispositifs de tension) ne sont pas à même d'avoir un impact sur les fonds marins à dominante rocheuse et/ou sableuse, mais leur positionnement devra tenir compte des habitats et des espèces présentes à proximité (herbiers de posidonie, grande nacre, etc.).</p>

N°	Observations de l'autorité environnementale	Réponse de la Maîtrise d'Ouvrage
<p>Rejets du chenal sur la plage / p.8 (suite)</p>	<p>La MRAe, au regard de l'absence d'analyse des impacts du rejet du chenal sur la plage, et compte tenu d'un risque potentiel d'entraînement du sable vers la mer au débouché du chenal susceptible de provoquer un panache turbide, recommande de compléter l'étude sur ce point.</p>	<p>Cependant l'efficacité des écrans dépend de plusieurs facteurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La profondeur du site ;</li> <li>• Les conditions hydrodynamiques (marée, vitesse du courant, agitation) ;</li> <li>• La localisation des points d'émission de matières en suspension ;</li> <li>• La quantité et le type de matières en suspension à l'amont de l'écran ;</li> <li>• Le type de sédiments (granulométrie, cohésion) et la nature des opérations ;</li> <li>• Les caractéristiques et les conditions d'utilisation de l'écran ;</li> <li>• Les méthodes d'ancrage de l'écran.</li> </ul> <p>Les limites sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La hauteur d'eau dépasse 6 m et les courants sont supérieurs à 0,50 m/s (une limite maximale est donnée à 0,80 m/s). A des profondeurs supérieures, les charges et les pressions sur les écrans deviennent incontrôlables (déchirements, mise en drapeau) ;</li> <li>• Les secteurs concernés sont fréquemment exposés aux vents forts, à l'action des vagues et des marées ;</li> <li>• La nature des engins de dragage nécessite de fréquents déplacements de l'écran.</li> </ul> <p>Le bassin versant intercepté étant identique le projet n'engendre pas de modifications de conditions de rejets. l'ensemble des aménagements hydrauliques prévu au présent projet est conforme à l'étude d'impact et prévoit une décantation en amont permettant d'éviter un rejet direct.</p>

N°	Observations de l'autorité environnementale	Réponse de la Maîtrise d'Ouvrage
Préservation de la biodiversité / p.10	<p>La MRAe recommande :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- que le suivi par un écologue des opérations de défrichage, de déboisement et de destruction d'ouvrages soit couplé avec des mesures de sauvetage en cas de détection de reptiles, amphibiens et petits mammifères ;</li> <li>- pour les chauves-souris, la mise en oeuvre de précautions particulières concernant le démantèlement de la toiture des bâtiments (enlèvement tuile par tuile) et le stockage des arbres abattus favorables aux chauves-souris (conservation sur place 24h) ;</li> <li>- l'entretien des espaces verts et du chenal (destruction d'espèces envahissantes, gestion) de façon mécanique et hors périodes sensibles pour la faune ;</li> <li>- la reconstruction de murets en pierre sèche favorables à la réinstallation des reptiles à minima à hauteur du linéaire de murets détruits ;</li> <li>- l'engagement ferme sur la mise en oeuvre des mesures proposées pour la recolonisation du site par la faune (chauves-souris, oiseaux et reptiles) et le suivi de l'efficacité de ces mesures.</li> </ul>	<p>Comme précisé dans les mesures R3 et R4 milieu naturel en septembre 2019, les destructions de murets, coupes d'arbres et démolitions de bâtiments seront accompagnées de sauvetage par un écologue si nécessaire.</p> <p>Concernant le démantèlement des toitures et la coupe des arbres, la notice accompagnant l'étude d'impacts a été revue afin de préciser le maintien des troncs pendant au moins 24h sur site avant leur évacuation. Le suivi des démolitions par un chiroptérologue permettra de vérifier le bon déroulement des démantèlement de toiture (Mesure R5).</p> <p>L'entretien des espaces verts et du chenal seront définis par un protocole de gestion à établir en partenariat avec le CBN (cf. mesure R8). A ce titre, les périodes sensibles seront évitées.</p> <p>La mesure R3 concernant la destruction des murets n'apparaît pas très claire. Il conviendra en effet que les pierres issues de la destruction servent à la restauration d'un linéaire au moins équivalent au linéaire détruit sur le site.</p> <p>La mesure d'aide à la recolonisation devra être mise en oeuvre en partenariat avec le bureau d'études en charge du suivi de chantier afin de choisir la localisation et les gîtes et nichoirs les plus adaptés aux bâtiments construits.</p> <p>Un suivi de ces équipements et de la recolonisation du site sera mis en oeuvre durant les 3 premières années d'exploitation (soit N+1, N+2, N+3) puis tous les 5 ans (à partir de N+5).</p> <p>En gabions ou parement en gabion remplis de pierres avec maintien d'interstices adaptés, le projet prévoit la construction d'environ 700 ml de murets.</p>
Intégration paysagère / p.10	<p>La MRAe recommande :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une concertation entre les différents services et acteurs concernés (risque incendie, risque inondation, paysagistes, écologue en charge du suivi du chantier), pour le choix le plus pertinent possible des espèces végétales et de leur emplacement ;</li> <li>- la recherche d'une meilleure intégration paysagère du chenal.</li> </ul>	<p>La palette végétale et le plan de plantation seront élaborés en concertation avec les acteurs concernés, pour une intégration paysagère du projet dans son territoire et de manière à lutter contre les risques incendie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La palette végétale sera constituée d'essences locales ;</li> <li>- Absence d'espèces invasives ;</li> <li>- Absence d'essences à la sensibilité très forte ou forte au feu (selon guide DFCI, Office National des Forêts, Direction Territoriale Méditerranée, pôle DFCI 2012) ;</li> <li>- L'implantation des arbres ne devra pas gêner la circulation des secours ;</li> <li>- Aux abords du bâti, les arbres plantés auront une hauteur sous houppier de 3,00 m ;</li> <li>- Végétalisation : privilégier et varier les strates (herbacés, arbustives, arborées), les bosquets ;</li> <li>- Assurer une discontinuité végétale (verticale et horizontale), adapter les distances de plantation,</li> <li>- Pose d'un paillage pour limiter l'évaporation de l'eau en période sèche.</li> <li>- Entretien : un élagage est requis sur 1/3 de la hauteur des arbres</li> </ul> <p>- Arrosage régulier de l'ensemble des plantations.</p> <p>Le chenal, de par sa fonction, ne permet pas de recevoir d'aménagements paysagers à l'intérieur afin de préserver la section hydraulique et le libre écoulement. Le Projet "Chenal" a obtenu la validation du service "Risques-Inondations" du Département et sera intégré dans l'Arrêté du PPRI</p>

N°	Observations de l'autorité environnementale	Réponse de la Maîtrise d'Ouvrage
Santé et sécurité des personnes / p.11	<p>La MRAe recommande de préciser :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- quelles parties des bâtiments et quels types de matériaux contiennent de l'amiante, et les mesures prévues pour s'assurer de la qualité de l'air pendant les travaux de désamiantage ainsi que le traitement prévu pour les déchets amiantés ;</li> <li>- les mesures destinées à éviter la création potentielle de gîtes favorables au moustique tigre en phase travaux et en phase exploitation, au regard notamment de la présence du chenal et des aménagements paysagers ;</li> <li>- les éléments de la réflexion menée sur la sécurité en cas d'évacuation des personnes, compte tenu de la situation enclavée du centre et de l'unique voie d'accès empruntant le pont sur le chenal, qui constitue également le seul accès au parking de la plage de Sana (50 places).</li> </ul>	<p>Les deux établissements sont classés en types U et J du point de vue de la sécurité incendie.</p> <p>La réglementation de sécurité des bâtiments impose un principe du transfert horizontal; ce qui signifie, compte tenu de leur pathologie, que les personnes sont mises à l'abri sur un même niveau protégé du feu par un système de cantonnement coupe feu dans l'attente des secours. Les circulations, la position des ascenseurs, le recouvrement des secteurs, la position des baies accessibles ont été étudiés dans ce sens. Concernant le volet "Amiante", des investigations sont en cours qui permettront la mise en place des protocoles tels que prescrits au CCTP correspondant. La lutte antivectorielle a été abordée dans son ensemble par des procédés évitant la stagnation d'eau. En effet, les plantations prévues sont du type "Méditerranéen" ne nécessitant quasiment pas d'arrosage.</p>
Phase de fonctionnement / p.11	<p>La MRAe recommande que soient précisés les objectifs de performance énergétiques des bâtiments, d'utilisation d'énergies renouvelables et de systèmes permettant d'économiser l'eau, au regard notamment d'une meilleure prise en compte du changement climatique.</p>	<p>Dans le cadre de la réglementation thermique, les bâtiments seront conçus afin de respecter les objectifs énergétiques de la RT2012.</p> <p>Mise en place de protections solaires efficaces permettant de limiter les apports solaires en été (et ainsi les surchauffes) tout en bénéficiant d'apports solaires généreux en hiver limitant ainsi nos besoins en chaud. Dans le cadre d'une politique générale d'économie d'eau, le compteur général de l'opération sera télégéré afin d'avoir les consommations en instantanée (débits de nuit) ce qui permettra d'enclencher avec réactivité les éventuelles campagnes de recherche de fuites.</p>

**La Maîtrise d'Ouvrage**

La Commune de Banyuls-sur-Mer

M. Le Maire  
Jean-Michel SOLE  
cachet et signature



L'USSAP

Mme La Directrice  
Sylvie BONETTO  
cachet et signature

le 27/01/2020