

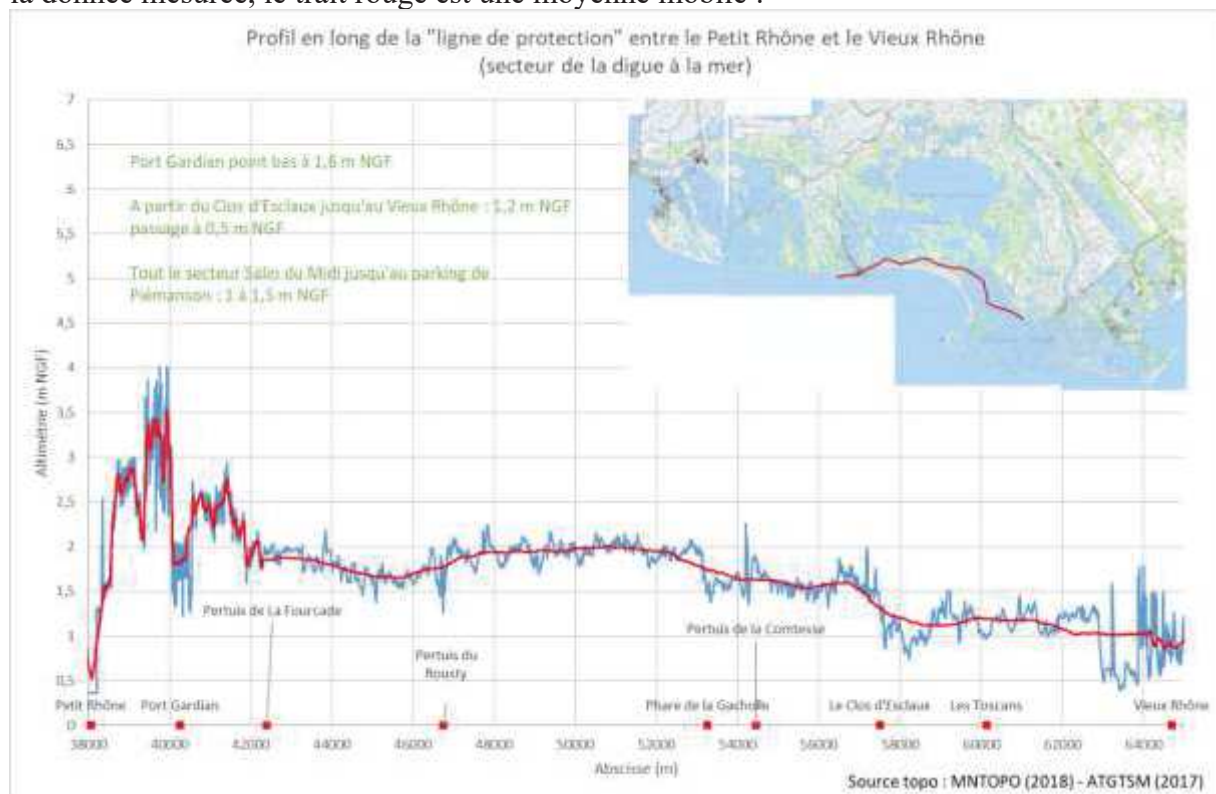
1 LES OUVRAGES

La création d'un ouvrage de protection contre les entrées marines date du milieu du XIX^{ème} siècle, afin de maîtriser les niveaux d'eau dans l'île de Camargue.

Il n'y a pas eu de gestion lors des 30 premières années d'existence de la digue et de nombreuses réparations ont été nécessaires à la fin du XIX^{ème} siècle.

Les ouvrages décrits ci-dessous sont ceux actuellement présent en ligne de défense contre les incursions marines.

Le profil en long de la partie système d'endiguement est présenté ci-dessous, le tracé bleu est la donnée mesurée, le trait rouge est une moyenne mobile :



1.1 LA DIGUE A LA MER, DE L'EMBOUCHURE DU PETIT RHONE AU PERTUIS DE LA FOURCADE (DM 0 A 3.9)

Cet ouvrage a la particularité d'être à proximité immédiate des enjeux (centre urbain des Saintes Maries de la mer) et de l'aléa (mer).

Des épis et brise-lames sont alors présents sur tout le linéaire de ce secteur en érosion ; ils sont présentés au §1.7.

La digue présente une géométrie variable, répartie en 10 sous secteurs présentés ci-après. L'ouvrage est quasi-intégralement protégé par des enrochements.

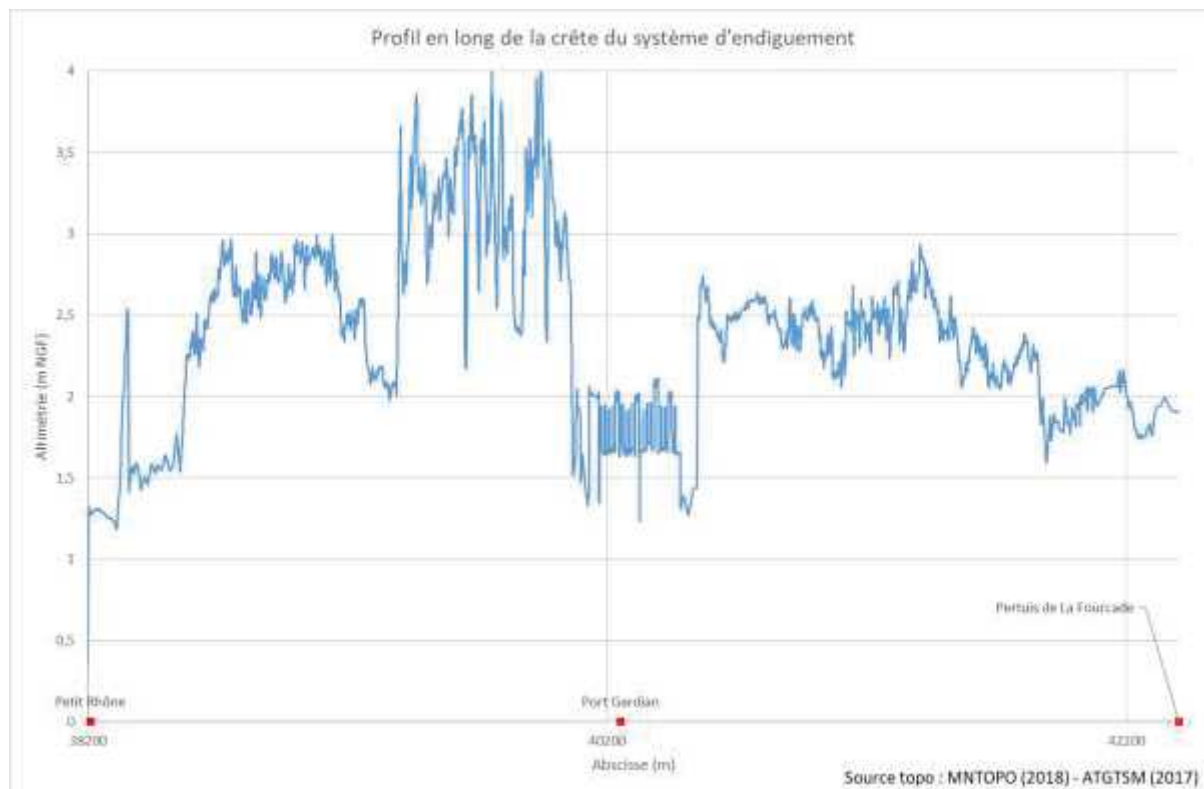


Figure 12. Cote des ouvrages de protection aux Saintes-Maries-de-la-Mer

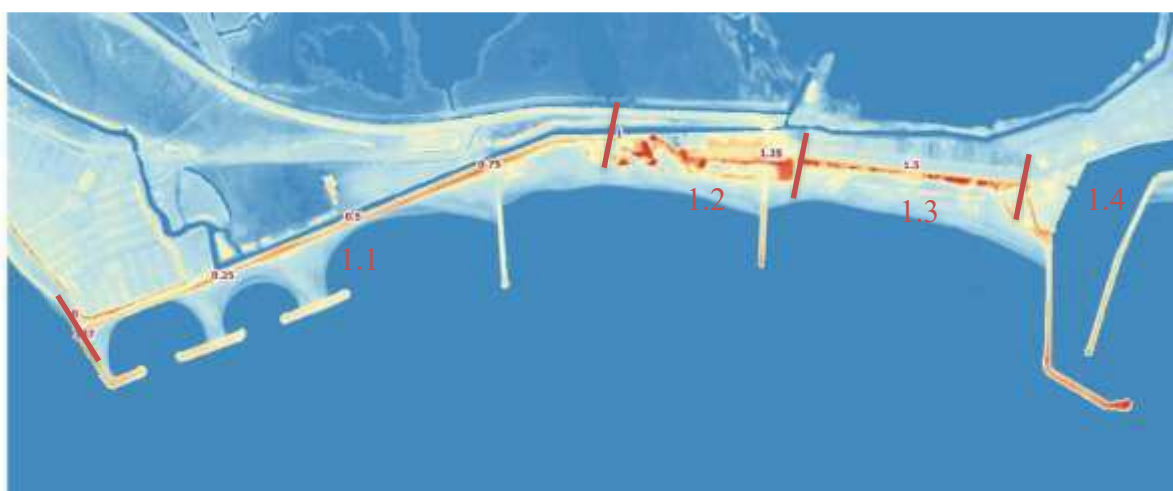


Figure 13. Levé topographique au droit du tronçon (1/2)

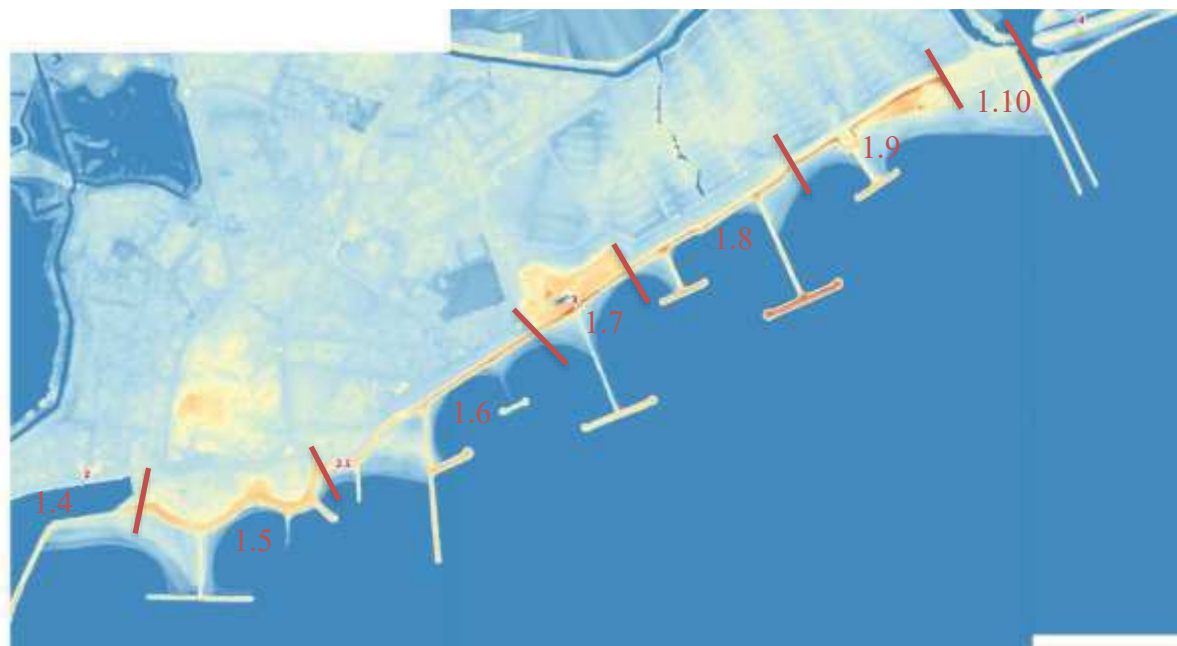


Figure 14. Levé topographique au droit du tronçon (2/2)

1.1.1 DM 0 à 1 (Clos du Rhône)



Figure 15. Localisation du tronçon 1

La coupe type du linéaire est une digue argilo-sableuse protégée coté mer par une carapace en enrochement (1 à 2 tonnes) qui monte au dessus de la piste et descend sur un sabot améliorant sa stabilité. Il est à noter le niveau d'étanchéité est inférieur à la crête de l'ouvrage ; en effet les enrochements du talus amont se retrouvent au dessus de la piste.

Le sommet des ouvrages est au-delà de 2 mNGF.
Il existe des points bas localisés liés aux accès à la plage.

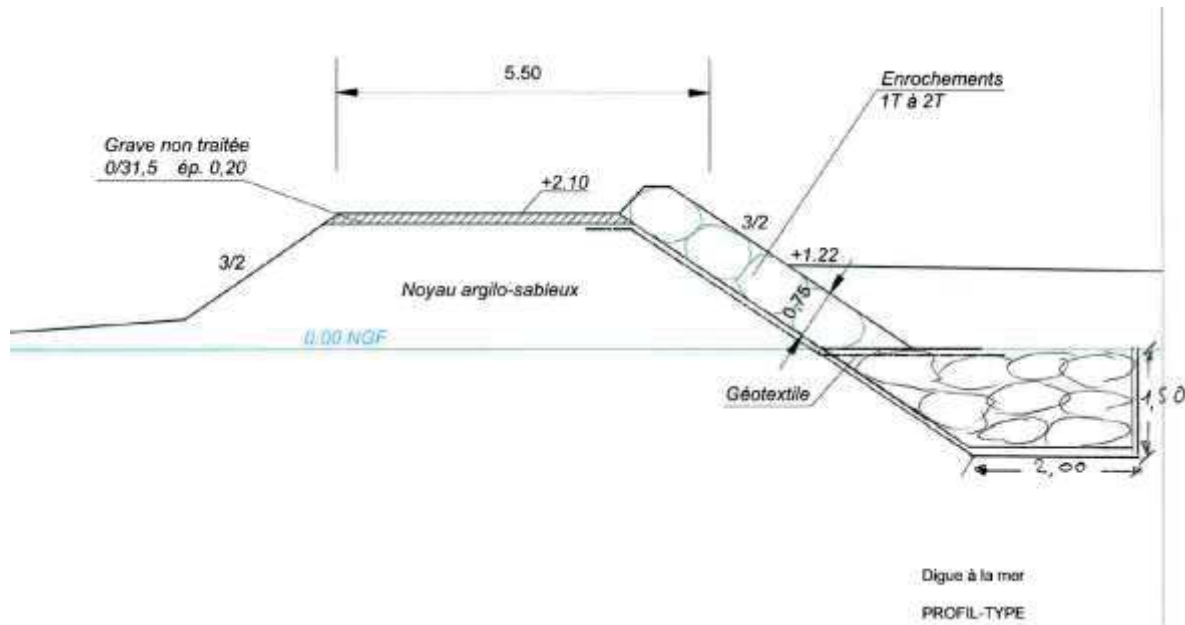


Figure 16. Coupe type du tronçon



Photo 1. Vue de l'extrémité ouest de la protection



Photo 2. Secteur du Clos du Rhône : enrochements entre 2.4 et 2.7 ; piste entre 1.4 et 1.6 mNGF

1.1.2 DM 1 à 1.3 (Crin Blanc)



Figure 17. Localisation du tronçon 2

Un petit massif dunaire est présent au niveau de la résidence Crin Blanc.

En dehors des zones de raccordement qui sont enrochées, il n'y a pas d'élément technique dans le corps de l'ouvrage ; c'est sa géométrie qui assure son efficacité.

L'ouvrage culmine à plus de 3m pour une largeur de l'ordre de 20m (pour la partie supérieure à 2mNGF).

Il existe néanmoins un point bas lié à un accès où l'ensemble reste supérieur à 2.15mNGF.



Figure 18. Vue du secteur de Crin Blanc

1.1.3 DM 1.3 à 1.7 (Avenue aubanel)



Figure 19. Localisation du tronçon 3

Sur ce linéaire l'ouvrage est maçonné avec deux parements verticaux et une largeur en crête d'un peu plus de 3m.

- le mur coté zone protégée mesure environ 1m de haut
- il y a une piste en crête de 3-4m de large
- le mur coté mer culmine environ 70 cm au dessus de la crête
- un massif dunaire est majoritairement présent coté mer, contre le mur.



Photo 3. Vue du secteur bétonné



Photo 4. Secteur Av . Aubanel

1.1.4 DM 1.7 à 2.1 (Port Gardian)



Figure 20. Localisation du tronçon 4

La promenade de Port Gardian, située aux abords immédiats du centre-ville des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Ce secteur est protégé de l'agitation par les épis du port ; les quais sont environ à la cote 1.4 mNGF et la protection présente une altitude moyenne autour de 1,6 mNGF avec des points bas, au droit des ouvertures dans le parapet.

Au raccordement avec le tronçon précédent il y a un point bas, car il n'y a pas de muret, et en cas de vent sud à sud-ouest l'agitation n'est limitée que par la plage ; c'est alors un des premiers points dépassés



Photo 5. Vue du secteur port gardian



Photo 6. Promenade de Port Gardian



Photo 7. Jonction Av. Aubanel - Port Gardian

1.1.5 DM 2.1 à 2.6 (arènes)



Figure 21. Localisation du tronçon 5

Une large crête est présente sur ce linéaire, elle est bétonnée et comprend un petit muret de part et d'autre.

Le parement amont est protégé par des enrochement et localement des dalles béton.

Le talus aval est quasi horizontal : il y a un remblai.



Photo 8. Protection, juste en aval des arènes

1.1.6 *DM 2.6 à 3.05 (parking des amphores)*



Figure 22. Localisation du tronçon 6

L'ouvrage est assez proche de celui de l'avenue Aubanel, sans le massif dunaire. Il y a alors des enrochements sur le parement coté mer.

Le mur coté ville fait environ 1.4m de haut et dépasse de la crête de 10cm environ. La crête a une largeur variable qui est de l'ordre de 4m.



Photo 9. Secteur du parking des amphores

1.1.7 *DM 3.05 à 3.2 (Thalacap)*



Figure 23. Localisation du tronçon 7

Sur ce secteur, les terrains coté ville de la protection ont été remblayés et sont environ à 2.5 mNGF ; l'ouvrage sert alors principalement contre l'effet de la houle.
En dehors d'un accès à la plage qui est bétonné, il y a des enrochements qui sont plus haut que la crête des ouvrages coté mer.



Photo 10. Secteur de Thalacap

1.1.8 DM 3.2 à 3.6 (Parking plage Est)



Figure 24. Localisation du tronçon 8

Ce secteur est similaire à celui du parking des amphores : mur coté ville, crête bétonnée de 3-4m et protection en enrochements coté mer. En revanche, comme pour le secteur juste en amont, les enrochements montent au dessus de la piste de crête.



Photo 11. Secteur Parking plage Est

1.1.9 *DM 3.6 à 3.8 (Fourcade ouest)*



Figure 25. Localisation du tronçon 9

La route remonte au niveau de la crête ; l'ouvrage est alors un remblai avec une protection en enrochement et dune coté mer. Les enrochements se trouvent plus haut que le niveau d'étanchéité.



Photo 12. Vue du raccordement avec le parking de la plage Est

1.1.10 *DM 3.8 à 3.95 (parking)*



Figure 26. Localisation du tronçon 10

Au droit du parking du pertuis de la fourcade, la dune enrochée s'arrête ; seul l'altitude du terrain permet de limiter les entrées d'eau.

Le terrain est à une altimétrie supérieure à 1.75 mNGF.



Photo 13. Limite ouest du secteur

1.2 LA DIGUE A LA MER, DU PERTUIS DE LA FOURCADE AU PERTUIS DE ROUSTY (DM 4 A 8.3)





Figure 29. Localisation du tronçon 13



Figure 30. Localisation du tronçon 14

Les premiers mètres de ce tronçon sont aujourd'hui directement contre la mer et sont pourvus d'enrochement depuis 2013.

Des rechargements avaient été réalisés, comme en 2007, afin de contrer le recul du trait de cote lié à la cellule hydro-sédimentaire qui déplace les matériaux vers l'Est alors que les épis à l'Ouest bloquent les arrivées de matériaux. Ces matériaux ont été emportés à l'Est ou au large.



Figure 31. Est du Pertuis de la Fourcade, en 2008 et en 2018



La coupe type du linéaire est une digue argilo-sableuse.

Sur ce secteur la géométrie est la suivante :

- le talus a une pente de 3/1 minimum coté zone protégée (sauf DM 5,5 : 1) et 3.5/1 en moyenne
- le talus a une pente de 2/1 minimum coté zone mer (sauf DM 5-5,5 : 1.8) et 3.3/1 en moyenne
- largeur en crête 8 m en moyenne (entre 5 et 17 m).

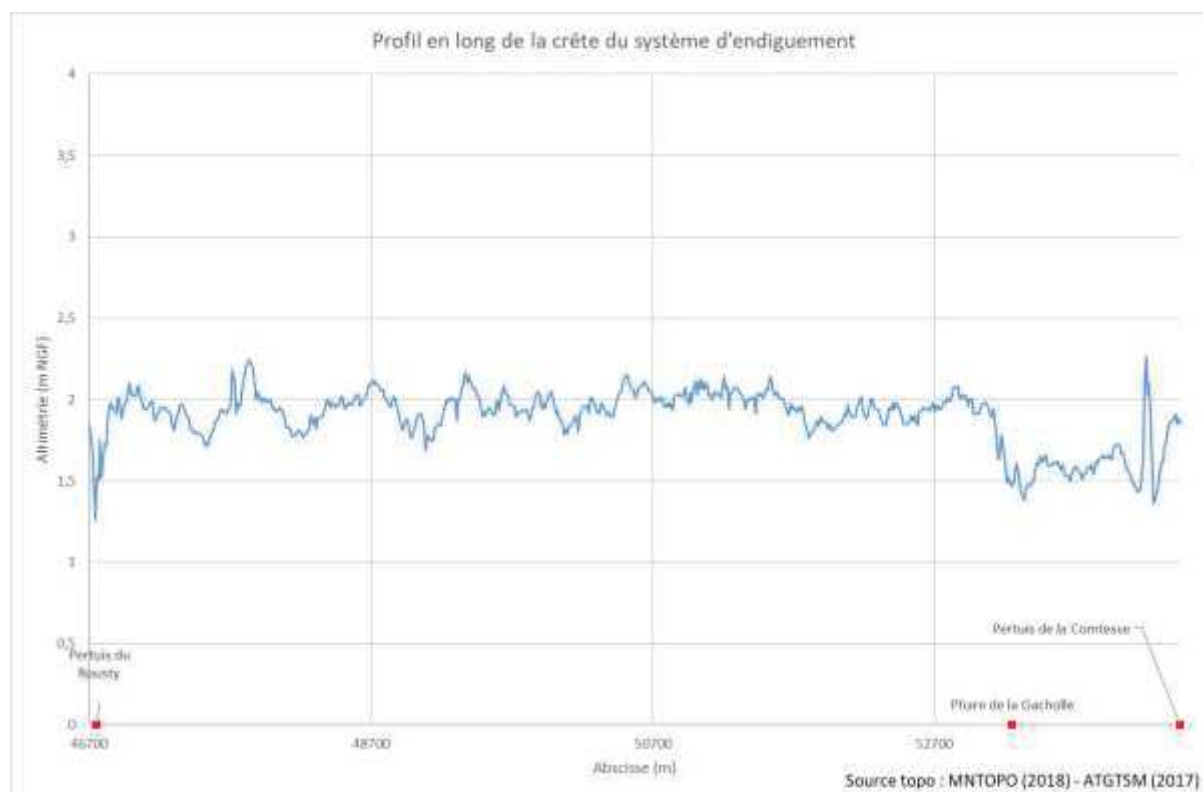
- la hauteur est de l'ordre de 2m coté zone protégée (entre 1.3 et 3 m)
- la hauteur est de l'ordre de 1.3m coté zone protégée (entre 0.8 et 2.5 m)
- La crête des ouvrages varie de près de 2m à l'ouest à 1.5m vers le DM6.5

1.3 LA DIGUE A LA MER, DU PERTUIS DE ROUSTY AU PERTUIS DE LA COMTESSE (DM8.3 A 15.9)



Figure 32. Localisation du tronçon 15

La coupe type du linéaire est une digue argilo-sableuse.



Sur ce secteur la géométrie est la suivante :

- le talus a une pente de 3/1 minimum coté zone protégée (sauf 5500 : 1) et 3.5/1 en moyenne
- le talus a une pente de 2/1 minimum coté zone mer (sauf 5000-5500 : 1.8) et 3.3/1 en moyenne
- largeur en crête 8 m en moyenne (entre 5 et 17 m).
- la hauteur est de l'ordre de 2m coté zone protégée (entre 1.3 et 3 m)
- la hauteur est de l'ordre de 1.3m coté zone protégée (entre 0.8 et 2.5 m)
- jusqu'au DM15, la crête de digue oscille autour de 2mNGF (entre 1.8 et 2.1) ; sur le dernier kilomètre elle est plutôt vers 1.6 mNGF.



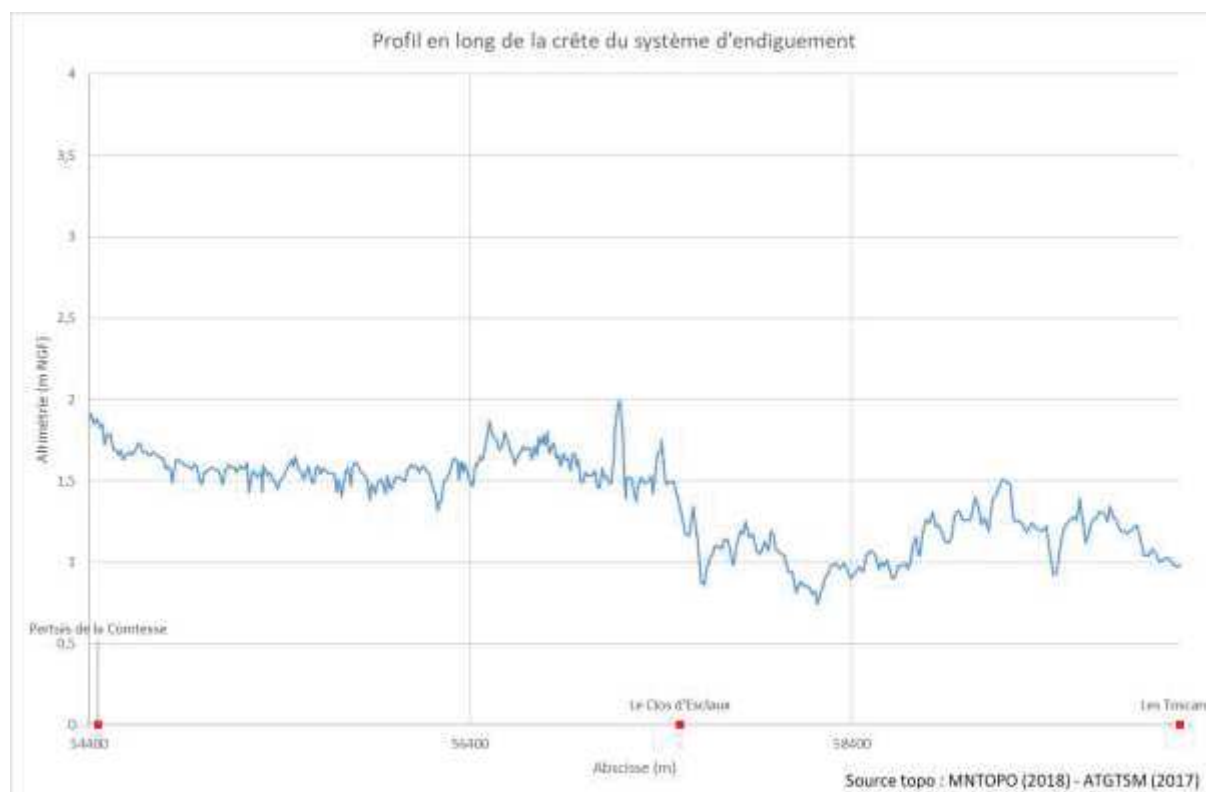
Figure 33. Secteur Rousty-Comtesse

1.4 LA DIGUE A LA MER, DU PERTUIS DE LA COMTESSE A LA DIGUE DES TOSCANS (DM 15.9 A 21.75)



Figure 34. Localisation du tronçon 16

La coupe type du linéaire est une digue argilo-sableuse, intégralement comprise entre des étangs.



La largeur en crête est de 3.50 m environ, les talus ont une pente à 4/3 environ.

A partir du clos d'esclaux (DM19), l'altimétrie de l'ouvrage passe de 1.5/1.8mNGF à 1/1.2 mNGF.

Une zone de 200m vers le DM21, a fait l'objet de travaux liés à un programme de recherche (Digue 2020) ; la zone est alors élargie à 7m en crête avec des ouvrages neufs. La moitié coté Sud est expérimentale et instrumentalisée ; celle au nord est dans la continuité des digues alentours et reste la protection officielle.



Photo 14. Secteur Comtesse – Clos d'Esclaux



Photo 15. Secteur Clos d'Esclaux - Toscans

1.5 LA DIGUE A LA MER, DE LA DIGUE DES TOSCANS AU VIEUX RHONE (DM 21.75 A 26)



Figure 35. Localisation du tronçon 17

L'ouvrage est toujours une digue argilo-sableuse.

A partir de la digue des toscans, qui donne accès à la plage de Beauduc, la digue est une digue-route. La largeur en crête est alors de l'ordre de 9m.

Dans la continuité du secteur précédent, l'altimétrie est faible et varie entre 1 et 1.5mNGF ; au niveau de la partie circulaire de la crête, usée par le trafics, elle descend même à 0.5 mNGF ; . La pente des talus est de l'ordre de 3/2 mais cela à peu d'impact, le rapport largeur/hauteur étant important il n'y a pas de risque lié à la stabilité.

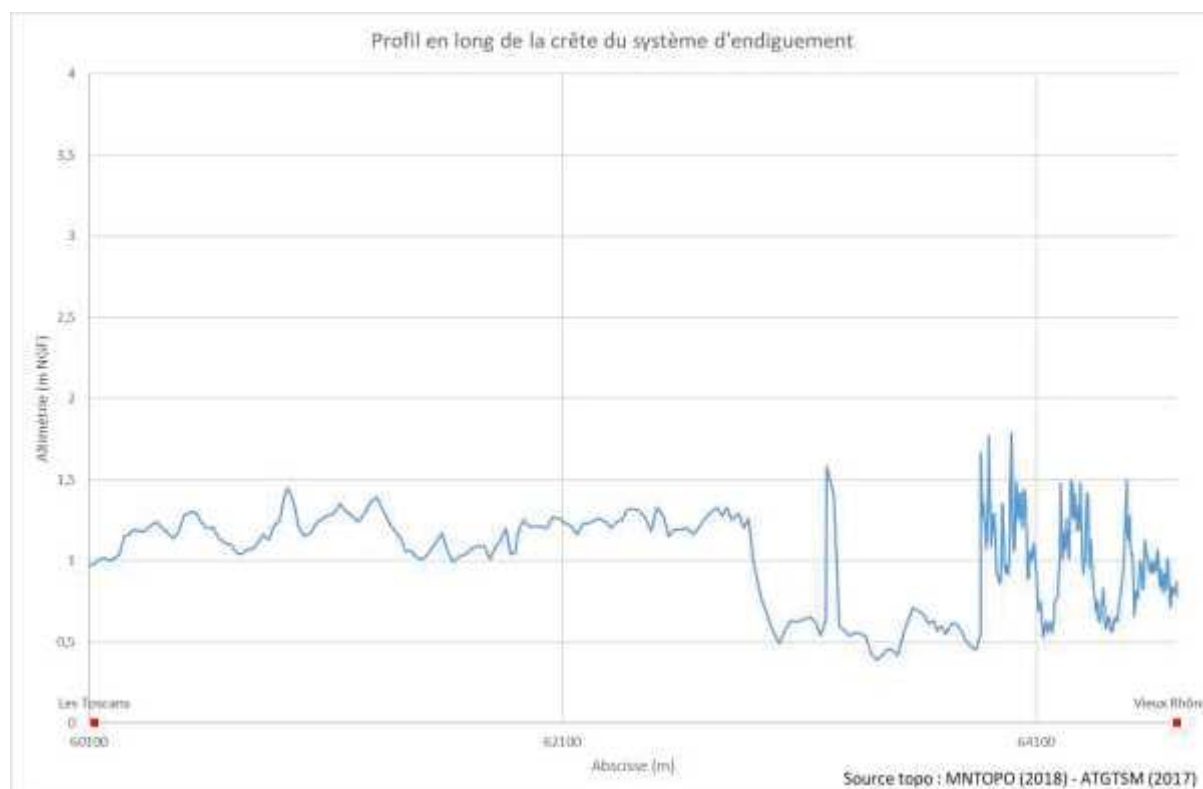




Photo 16. Secteur toscans - vieux Rhône



Photo 17. Secteur toscans - vieux Rhône ; point bas à 0.5m (niveau des marais) dans la zone circulaire ; supérieure à 1m coté mer

1.6 LA PROTECTION A L'EST DU VIEUX RHONE (DM 26 A LA FIN)

Une digue privée, de la Compagnie des Salins du Midi, contourne les marais salants en allant jusque contre la mer. Les coûts d'entretien sont alors importants (solicitation directe de la mer), pour des bénéficiaires privés. Il a été fait le choix de définir le système d'endiguement en recul, comme une protection plus rapprochée du village de Salin de Giraud.

Un terrain continu de plus d'0.85m d'altitude a alors été recherché, dans la continuité de la digue à la mer. Comme pour la majorité des zones au dessus du niveau de la mer en Camargue, c'est un ancien bras du Rhône qui a créé un remblai (voir carte ci-dessous)

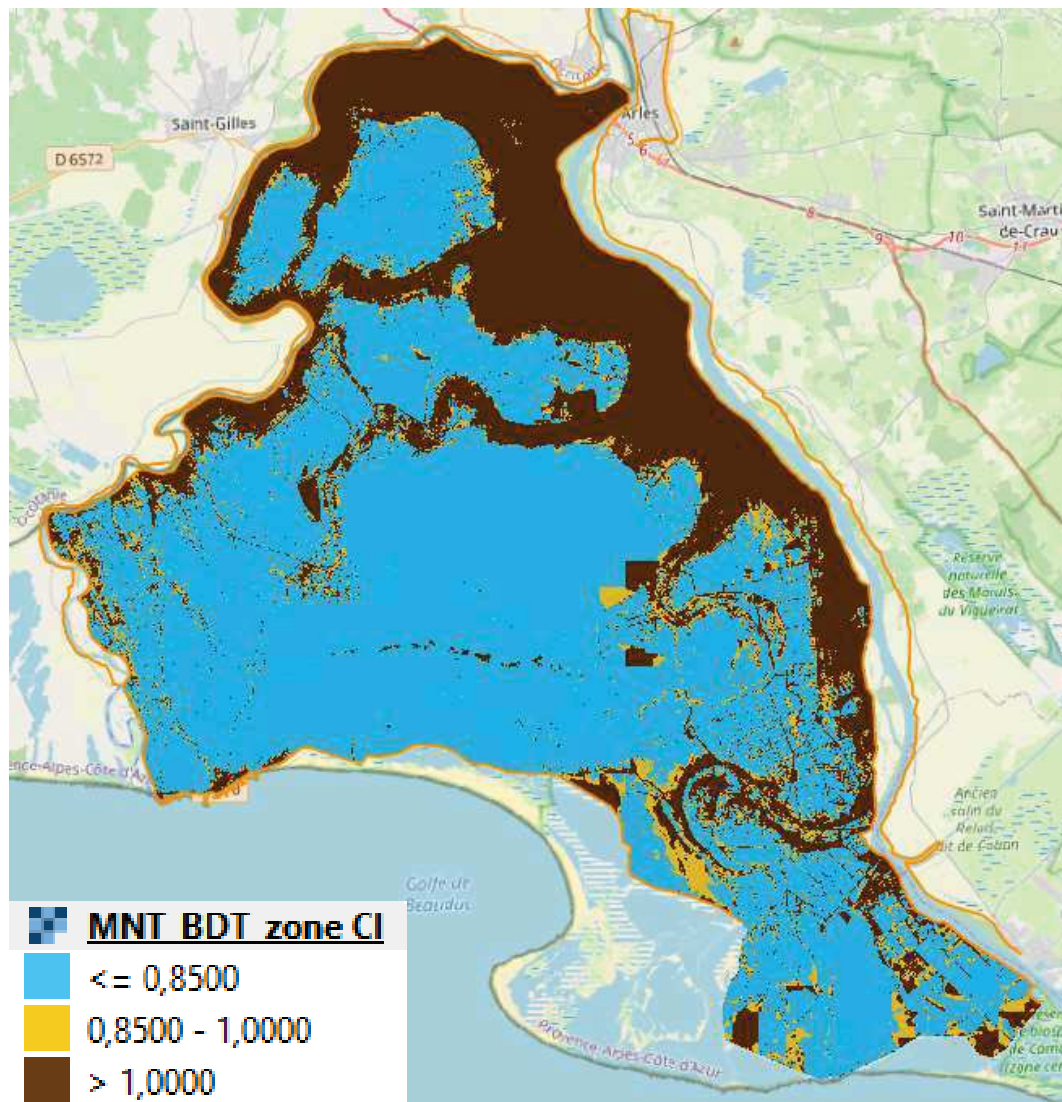


Figure 36. Topographie de la Camargue insulaire, mettant en avant les paléo-chenaux

Le tracé présenté ci-dessous comprend le remblai créé par l'ancien bras du Rhône ; il est alors possible de relier la digue à la mer (DM26) au grand Rhône (GRD315).

Pour encercler en plus salin de Giraud, il faut ajouter la route départementale 36 puis la berge de la roubine faisant face à Barcarin, la route de Paulet et la berge du chenal Sud-Est du village.

C'est ainsi un linéaire de remblai de 20 km qui est retenu pour fermer le système de protection à l'Est du système d'endiguement.



Figure 37. Tracé du système de protection, entre la digue à la mer et le fleuve (rouge)

Aujourd'hui ce linéaire n'est pas soumis aux effets des tempêtes car la digue privée est située plus au Sud. Ne pouvant s'engager sur l'état de cette dernière, elle n'est pas retenue dans l'analyse des niveaux de protection dans les chapitres qui suivent.

1.7 LES OUVRAGES ANNEXES : EPIS ET BRISE LAME

Au droit du village des Saintes-Maries-de-la-Mer, seule zone où la digue est à proximité immédiate de la mer et où les enjeux sont également très proches, des ouvrages ont été mis en œuvre pour limiter les effets des vagues contre la digue.

Il y en a de deux types :

- les épis qui permettent de conserver une zone de plage devant la digue : ils sont perpendiculaires au rivage,
- les brises lame qui ont pour rôle de déclencher le déferlement en amont : ils sont parallèles au rivage.

1.7.1 *Historique*

La création de ces ouvrages est liée au rapprochement du front de mer du village, les cartes historiques de Cassini (XVIII^{ème} siècle) ou de l'état major (milieu du XIX^{ème} siècle) montrent en effet que le village est en recul par rapport à la mer.

Dès les années 30, les premiers épis à claire-voie en bois sont installés aux Saintes-Maries-de-la-Mer et sur le littoral de Faraman au droit de la CSME. Mais ce n'est qu'à partir des années 40 que l'enrochement du littoral commence avec l'installation ponctuelle des premiers épis en dur sur ces secteurs.

Les années 70 marquent une deuxième étape, avec la construction en 1972 par la CSME d'une digue artificielle servant à renforcer le littoral de Faraman, du secteur de la Courbe aux cabanons de Beauduc. Sur la plage de Salin de Giraud, le cordon dunaire est « consolidé » par la construction d'un bourrelet de galets recouverts d'un géotextile, puis ensablé. Ces ouvrages ne sont plus tous entretenus, aucun n'est intégré au système d'endiguement.

La construction du port de plaisance dans les années 80 est associée à l'artificialisation du front de mer des Saintes-Maries-de-la-Mer : digue frontale renforcée par 10 épis dont 3 en T.

Entre 2002 et 2010, le SYMADREM a assuré la réalisation d'un programme de travaux dénommé « Invariants littoral », localisé dans le secteur du centre-ville des Saintes-Maries-de-la-Mer. Ce programme a consisté en des opérations de reprofilage des ouvrages existants, à la construction de huit nouveaux ouvrages de type brise lame et épi en T.

A partir de 2013, à l'est du pertuis de la Fourcade, des enrochements sont posés sur le talus de la digue à la mer, côté mer.

Les figures suivantes présentent successivement, d'Ouest en Est, la localisation et les dates de construction des ouvrages en enrochements existants sur le rivage.

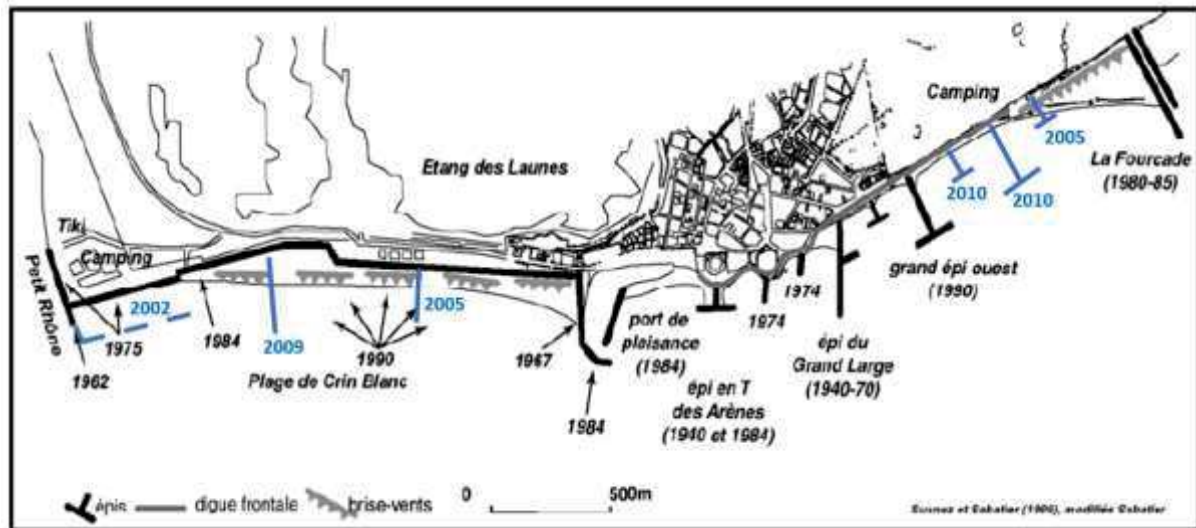


Figure 38. Dates de construction des ouvrages en enrochements sur le secteur centre-ville des Saintes Maries de la Mer (source [L007] – mise à jour Symadrem en bleu)

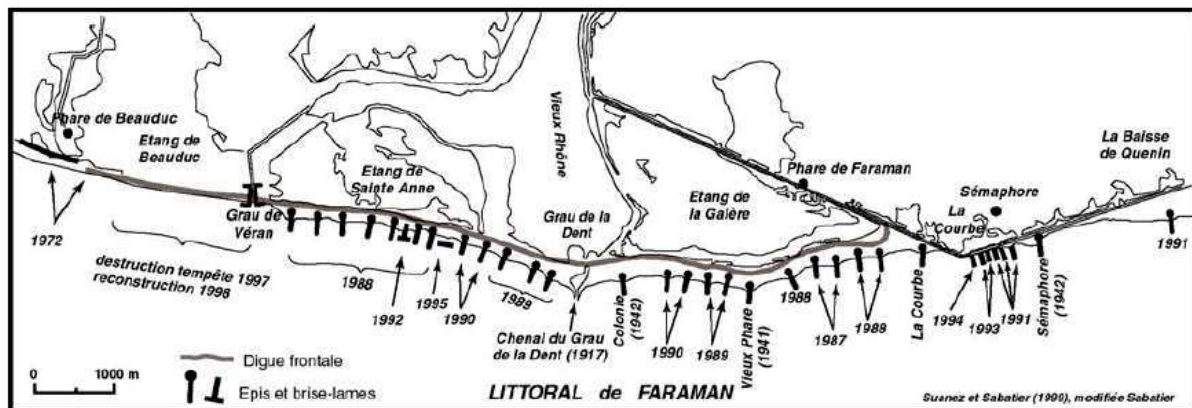


Figure 39. Dates de construction des ouvrages en enrochements sur le secteur du littoral de Faraman (source [L007])

1.7.2 Les ouvrages actuels

Ces ouvrages sont aujourd'hui au nombre de 19 au droit du village et identifiés par une lettre (de A au Clos du Rhône à S au pertuis de la Fourcade)

A	Epi Tenon clos du Rhône
B	Brise lame 1 clos du Rhône
C	Brise lame 2 clos du Rhône
D	Epi ouest de launes
E	Epi est de launes
F	Digue ouest de Port Gardian
G	
H	Epi des arènes
I	Epi Camille 1
J	Epi Camille 2
K	Grand épi est
L	Tenon du grand épi est
M	Petit brise lame Thalacap
N	Grand épi en T de Thalacap
O	Petit épi en T de la Brise
P	Grand épi en T de la Brise
Q	Petit épi en T du poste de secours 2
R	Epi est de la Fourcade
S	Epi ouest de la Fourcade

Figure 40. Liste des épis et brise lame au droit des Saintes Maries de la mer

Le G est l'Epi Est de port gardian, il est prolongé par un mur qui joue un rôle similaire ; il n'y a pas de conventionnement mais ces ouvrages jouent un rôle à la fois vis-à-vis du port (fonction principale) et des submersions marines.



Figure 41. Cartographie des épis et brise lame au droit des Saintes Maries de la mer (1/2)



Figure 42. Cartographie des épis et brise lame au droit des Saintes Maries de la mer (2/2)

1.7.3 Caractéristiques

Le principe a souvent été le même avec, du cœur vers l'extérieur, des enrochements de plus en plus imposants. Et parfois plus importants coté mer que coté ville. Ainsi les blocs les plus massifs peuvent dépasser les 10 tonnes.

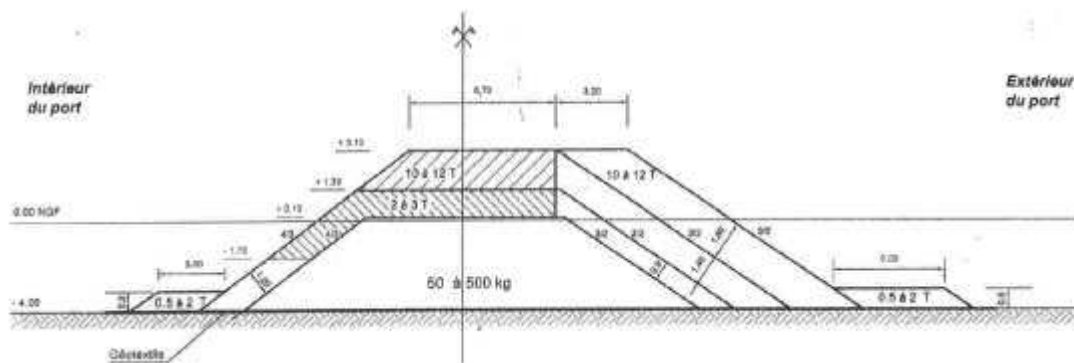


Figure 43. Coupe des confortements d'épis : exemple épi F

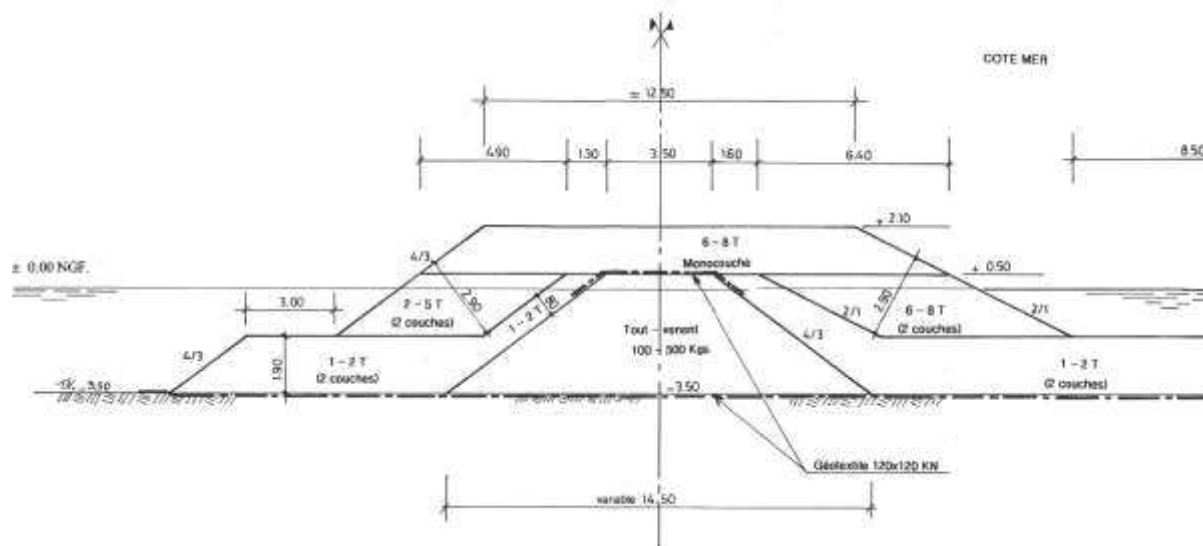


Figure 44. Coupe des créations : exemple brise-lame B

Une synthèse de la géométrie des ouvrages au droit du village des saintes maries de la mer est proposée dans le tableau ci-dessous :

Code	Nom	Longueur (m)			Cote		Hauteur (m)
		Epi	B-L	Total	fond	crête	
A	Clos du Rhône - Epi tenon	175		175	-2,6	2,3	4,9
B	Clos du Rhône - BL1		125	125	-3,5	2	5,5
C	Clos du Rhône - BL2	110	125	235	-3,5	2	5,5
D	Launes Ouest	170		170	-3	2,6	5,6
E	Launes Est	170		170	-3	2	5
F	Port Gardian Ouest	385		385	-4	3,1	7,1
G	Port Gardian Est**	330		330	-4	3,1	7,1
H	Arènes T	110	185	295	-2,1	2	4,1
I	Camille Ouest*	100		100	-3,5	2,4	5,9
I'	Camille transversal	50		50	-3,5	2,4	5,9
J	Grand épi Est	65		65	-3,5	2,4	5,9
K	Amphores	270	80	350	-3,2	2,5	5,7
M	Thalacap Petit	90	60	150	-1,5	1,8	3,3
N	Thalacap Grand	200	140	340	-3,5	1,8	5,3
O	Grand Large Petit	85	90	175	-1,5	1,8	3,3
P	Grand Large Grand	200	140	340	-3,5	1,8	5,3
Q	Poste secours	85	90	175	-1	1,8	2,8
R	Fourcade Ouest	270		270	-2	1,6	3,6
S	Fourcade Est	245		245	-2	1,6	3,6

* ouvrage en ruine et non entretenu, il ne joue plus de rôle.

** ouvrage dont l'affectation principale est portuaire, il n'y a pas de conventionnement avec le SYMADREM ; il est prolongé d'un muret qui joue le même rôle

1.8 DISPOSITIFS DE REGULATION DES ECOULEMENTS

Il existe 12 ouvrages traversant le système d'endiguement. Ils servent pour la plupart à contrôler le niveau et la salinité des étangs et marais situés au Nord de la protection.

Localisation (PR)	Nom	Caractéristiques
3.00	Thalacap	Tuyau de diamètre 63 mm, traversant digue et épi N ; alimente le centre de thalassothérapie en eau de mer
3.88	Pertuis de la Fourcade	Il y a 13 ouvertures (6 en 1.20*1.20m et 7 en 0.80*0.80m), associées chacune à une martellière coté Sud de l'ouvrage ; Il y a également une ouverture pour l'évacuation du lagunage avec un passage busé (2 cadres béton) et une vanne en recul ; Une convention SYMADREM / Commune des Saintes Maries de la mer, signée le 7/10/2010, détermine la gestion de ces organes.
8.26	Pertuis de Rousty	Il y a 5 ouvertures associées chacune à une martellière de 2m de large en bois coté Sud de l'ouvrage ; 2*3 ouvertures supplémentaires existent, elles sont également fortement envasées mais non vannées ; Les ouvertures faisaient environ 2m de haut mais elles sont comblées de limon sur 1.5m. Une convention SYMADREM / Commune des Saintes Maries de la mer, signée le 7/10/2010, détermine la gestion de ces organes.
14.07	Tampan-La Dame	Ouvrage abandonné comprenant 3 buses ; le système de vannage est détruit
14.93	Phare de la gacholle	L'ouvrage comprenait 30 ouvertures qui ont été majoritairement comblées coté mer. Il reste 2 conduites de diamètre 60cm, les plus à l'Ouest, qui ne sont plus vannées.
15.91	Pertuis de la comtesse	Il y a 14 ouvertures (8 en 1.20*1.20m et 5 en 0.80*0.80m et 1 en 2.3m*2m), associées chacune à une martellière coté Sud de l'ouvrage ; 4/ 8 et 4/ 5 sont condamnées fermées par des plaques qui sont partiellement rouillées. Une convention SYMADREM / Société Nationale de Protection de la Nature, signée le 27/09/2010, détermine la gestion de ces organes.
16.38	Vignole-Galabert	2 buses en ferraille, non vannées, de diamètre 50cm et situées environ 1.2m sous la crête
18.86	Clos Desclaux 1	Deux martellière coté mer de 1.7m de large, 1.5m de haut (pour une ouverture haute de 2.2m) ; elles sont partiellement rouillées
18.88	Clos Desclaux 3	Une martellière coté terre de 3.5m de large, 1.8m de haut (pour une ouverture de 2.6m) en parfait état

Localisation (PR)	Nom	Caractéristiques
21.25	Pertuis du Fangassier	2 passages hydrauliques de 1*2m, dans un bâti béton coulé sur place en 2015 ; il est équipé de 2 martellières coté mer qui sont en très bon état. Il y a également 2 clapets anti-retour coté zone protégée, qui n'ont pas de rôle contre les inondations. Une convention SYMADREM/PNRC/Tour du Valat/SNPN/Conservatoire du littoral, signée le 21/06/2016, détermine la gestion de ces organes.
23.47	Grand rascaillan-contre canal	Une ouverture avec martellière coté mer de 1.9 m de large, 1.1m de haut (décalée et à 40cm sous crête) ; non utilisable elle est toujours fermée et de plus en plus enlisée dans les dépôts de limon
24.85	Petit rascaillan-contre canal	Une ouverture avec martellière coté mer de 2.1m de large, 1.1m de haut (décalée et à 1m sous crête) ; peu utilisée elle souvent fermée.

Concernant le ressuyage des eaux en cas d'entrées massive, les pertuis seraient sollicités. Il n'y a en revanche pas de système de pompage permanent pour le ressuyage de la Camargue insulaire ; en cas de crise des pompes amovibles peuvent être mises en œuvre comme ce fut le cas en 1993. Cette inondation était due au fleuve mais le principe en cas d'inondation liée à une tempête reste identique.



Photo 18. Pompage d'urgence sur la digue à la mer - 1993