SYNDICAT MIXTE INTERREGIONAL D'AMENAGEMENT DES DIGUES DU DELTA DU RHONE ET DE LA MER

STRATEGIE SUR LE LITTORAL DU GRAND DELTA DU RHONE

SUR LES THEMATIQUES DE L'EVOLUTION DE LA POSITION DU TRAIT DE COTE ET DE LA SUBMERSION MARINE

DIAGNOSTIC

Version	Date	Commentaires
3	09/06/2022	Version complète pour envoi comité technique
4	05/07/2022	Version complète pour envoi comité de pilotage
5	23/12/2022	Version finale du diagnostic

SOMMAIRE

1 Introduction 10
1.1 Contexte dans lequel s'inscrit la démarche 10
1.2 Périmètre de la strategie 11
1.3 Contenu du diagnostic 12
1.4 Bibliographie 14
2 Présentation des enjeux 15
2.1 Enjeux recensés 15
2.2 Enjeux concernés par le risque de submersion marine 18
2.3 Enjeux concernés par le risque d'érosion côtière 22
2.4 Bilan 24
3 Exposition du territoire au risque de submersion 25
3.1 Elévation du niveau marin selon le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) 25
3.2 Elévation du niveau de la mer déjà effective sur le Grand Delta du Rhône 36
3.3 Prise en compte du changement climatique dans le niveau marin, selon les recommandations nationales 37
3.4 Comparaison graphique des prévisions d'élévation du niveau marin selon le GIEC avec le guide PPRL 40
3.5 Définition des tempêtes en Camargue 43
3.6 Modification prévisible des occurrences de tempête à court, moyen et long terme .. 53
4 Impact de la submersion marine et de l'élévation du niveau marin sur les enjeux humains 60
4.1 Principe de l'analyse des conséquences 60
4.2 Impact sur les enjeux, hors tempête, d'un ennoiement permanent lié à l'élévation du niveau marin 62
4.3 Impact sur les enjeux, en cas de submersion marine temporaire 66
4.4 Limites de la méthode 86
4.5 Bilan 87
5 Exposition du territoire aux phénomènes d'erosion et d'accretion du trait de côte 89
5.1 Cellules hydrosédimentaires 89
5.2 Données disponibles 91
5.3 Evolution historique de la position du trait de côte 93
5.4 Efficacité des enrochements existants à fixer le rivage 98
5.5 Projection d'évolution de la position du trait de côte 109
5.6 Evolution morphologique et bilan sédimentaire 116
5.7 Classification et hiérarchisation des enjeux concernés par le risque « érosion du trait de côte » 128

5.8 Conclusion du volet « exposition du territoire aux phénomènes d'érosion et d'accrétion du trait de côte » 138
6 Ouvrages du littoral 139
6.1 Occupation de la frange littorale 139
6.2 Etat des ouvrages de protection 143
6.3 Gestionnaires des ouvrages littoraux 147
6.4 Altimétrie de la ligne de protection 149
6.5 Conclusion du volet « ouvrages» 159
7 Analyse des données mesurées 160
7.1 Analyse des niveaux moyens enregistrés aux marégraphes 160
7.2 Analyse des débits du Rhône 167
7.3 Analyse des niveaux des étangs impériaux (fourcade nord) 171
7.4 Analyse de la pluviométrie 173
7.5 Conclusion du volet « analyse des données mesurées » 184
8 Conclusion 185
9 Bibliographie 190
10 Annexe 193
10.1 Annexe 1 : recensement des enjeux concernés par le risque de submersion marine 193
10.2 Annexe 2 : recensement des enjeux concernés par le risque d'érosion côtière 205
10.3 Annexe 3 : Dommages aux enjeux et personnes sinistrées en cas de submersion marine – Nombre de personnes sinistrées et d'emplois impactés 208
10.4 Annexe 4 : sources des bases de données utilisées pour le recensement des enjeux 272
10.5 Annexe 5 : méthodologie utilisée pour définir la typologie de la vulnérabilité au risque « érosion du trait de côte » 273

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Limites Est et Ouest du littoral étudié dans le cadre de la stratégie (fond de carte : cellules hydrosédimentaires du Delta du Rhône – Sabatier) 11
Figure 2 : Le Grand Delta du Rhône et les zones protégées 12
Figure 3 : Emprise utilisée pour le recensement des enjeux exposés à la submersion marine (source modélisation : BRGM) 16
Figure 4 : Emprises inondées pour différentes tempêtes 16
Figure 5 : Limite utilisée (en bleu) pour le recensement des enjeux exposés au risque d'érosion côtière 17
Figure 6 : Nombre de personnes sinistrées et occurrence associée, en fonction du niveau marin 18
Figure 7 : Représentation du degré de certitude dans l'AR6 26
Figure 8 Emission de CO2 par scénario - Extrait du Résumé à l'intention des décideurs – 1er volume de l'AR6 – GIEC [L303] 28
Figure 9 : Projections d'élévation du niveau marin mondial (fourchettes probables) pour 5 scénarios SSP par rapport à une base de référence de 1995-2014 ([L303 – AR6)) 31
Figure 10 : Elévation du niveau marin par rapport à l'année 1900, et projections d'élévation en 2100, par rapport à la période 1995-2014 pour les différents scénarios (graphique Symadrem d'après données du GIEC) 32
Figure 11 : Emission de CO2 et augmentation associée du niveau de la mer, de 2022 à 2100 réalisé à partir du GIEC, 1er volume de l'AR6 [L303] 33
Figure 12 : Extrait du tableau des projections d'élévation du niveau marin moyen mondial (fourchettes probables) pour SSP5-8.5, par rapport à une base de référence de 1995-2014. .. 34
Figure 13 : Graphique des niveaux moyens journaliers mesurés au pertuis de la Fourcade et courbe de tendance – d'après données SNPN Réserve de Camargue 36
Figure 14 : principe de cartographie des zones soumises à la submersion marine dans les Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) 37
Figure 15 : Série temporelle brute issues de la numérisation des marégrammes du Grau de la Dent. 39
Figure 16 : Fixation du zéro des altitudes françaises continentales [L201] 40
Figure 17 : Elévation du niveau marin par rapport à 1900, projections d'élévation selon le GIEC, et élévation prise en compte dans le guide PPRL 41
Figure 18 : Elévation du niveau marin par rapport à 1900 et élévation prise en compte en situation actuelle dans le guide PPRL 41
Figure 19 : Elévation du niveau marin par rapport à 1900, projection d'élévation selon le GIEC et élévation prise en compte en 2100 dans le guide PPRL 42
Figure 20 : Synthèse des simulations réalisées par le BRGM pour le Symadrem 44
Figure 21 : Contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint pour les valeurs 1 an, 10 ans et 100 ans (courbes rouges) [L202] 45
Figure 22 : Cartographies des niveaux d'eau en cas de tempêtes (source données : BRGM – cartographies : SYMADREM) 52
Figure 23 : Schéma des conséquences de l'élévation du niveau marin moyen sur les évènements rares (source : Citoyens pour le climat) 53
Figure 24 : Translation des contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint pour les valeurs 1 an, 10 ans et 100 ans (courbes rouges) 54
Figure 25 : Illustration du principe de modification des occurrences pour 4 tempêtes fictives 55
Figure 26 : contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint en état actuel, avec prise en compte des + 20 cm 56

Figure 27 : Décalage des contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint à horizon 2100 (hypothèse basse) et application à deux points différents pour déterminer les changements d'occurrence de la tempête centennale 56
Figure 28 : Schéma d'une habitation directement impactée par l'élévation du niveau marin (schéma SYMADREM) 60
Figure 29 : Schéma d'une habitation (à gauche) touchée par le phénomène d'ennoiement permanent des terres basses (schéma SYMADREM) 60
Figure 30 : localisation des surfaces ennoyées pour différents niveaux d'eau 63
Figure 31 : schéma des hypothèses d'ennoiement permanent (schéma SYMADREM) 64
Figure 32 : montant des dommages en fonction du niveau marin, avec une hypothèse d'ennoiement permanent à 0 m NGF des terres basses 70
Figure 33 : montant des dommages en fonction du niveau marin, avec une hypothèse d'ennoiement permanent à 0,8 m NGF des terres basses 70
Figure 34 : Nombre de personnes sinistrées en cas de tempête en fonction du niveau marin, pour un ennoiement des terres basses à 0 m NGF 74
Figure 35 : Nombre d'emplois impactés en cas de tempêtes en fonction du niveau marin, pour un ennoiement des terres basses à 0 m NGF 77
Figure 36 : Dommages moyens annuels à l'échelle du Grand Delta du Rhône, répartition entre dommages agricoles et non agricoles 80
Figure 37 : Evolution du dommage moyen annuel, entre 2021 et 2100, répartition entre dommages agricoles et non agricoles 81
Figure 38 : Dommages moyens annuels à l'échelle du Grand Delta du Rhône, répartition des dommages entre centres urbains, autres zones urbanisées et zones non urbanisées 82
Figure 39 : Evolution du dommage moyen annuel, entre 2021 et 2100, répartition des dommages entre centres urbains, autres zones urbanisées et zones non urbanisées 83
Figure 40 : Répartition du DMA, à horizon 2021, en zones urbanisées (CU+AZU), *à gauche*, et en zones non urbanisées (NU), *à droite*, par commune 84
Figure 41 : Evolution du NMA habitants et emplois, entre 2021 et 2100 85
Figure 42 : Echange sédimentaire au sein d'une cellule hydrosédimentaire (source : ObsCat) 89
Figure 43 : Les cellules hydrosédimentaires du Grand Delta du Rhône (source : Sabatier [L007], complété par le SYMADREM pour la cellule A) 90
Figure 44 : Extrémité ouest de la cellule de l'Espiguette (source : IGN) 91
Figure 45 : Données utilisées dans le Gard – volet « évolution du trait de côte » 92
Figure 46 : Carte de l'évolution du trait de côte entre 1987 et 2013 94
Figure 47 : Carte des vitesses de variation du rivage – secteur entre le la Passe des Abîmes et le Petit-Rhône 95
Figure 48 : Carte des vitesses de variation du rivage – secteur entre le Petit Rhône et le Grau de la Dent 96
Figure 49 : Carte des vitesses de variation du rivage – secteur entre étang de Saint Anne et They de la Gracieuse 97
Figure 50 : Dates de construction des ouvrages en enrochements – secteur Port Camargue (source : [L007]) 99
Figure 51 : Dates de construction des ouvrages en enrochements – entre les Baronnets et le Rhône Vif (source : Symadrem) 99
Figure 52 : Dates de construction des ouvrages en enrochements entre le Rhône vif et le Petit Rhône (source : [L007]) 100
Figure 53 : 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) 100

Figure 54 : Dates de construction des ouvrages en enrochements sur le secteur du littoral de Faraman (source [L007]) 100
Figure 55 : Définition des périodes dites « naturelle » et « équipée » (selon étude [L001]) . 101
Figure 56 : Principe de détermination de la position du trait de côte dite « 2013 fictif » 101
Figure 57 : schéma de principe des enrochements efficaces/ peu efficaces ou inefficaces ... 102
Figure 58 : cartographie de l'efficacité des enrochements à fixer le rivage – entre leur mise en place et 2013 104
Figure 59 : Cartographie des largeurs de plage perdue entre 1987 et 2013 sur les secteurs où les enrochements sont efficaces (source : SYMADREM après analyse des données CEREGE) 106
Figure 60 : Principe de l'accentuation de l'érosion par les enrochements 107
Figure 61 : Localisation des secteurs non enrochés où les enrochements actuels ont accentués l'érosion (source : SYMADREM) 108
Figure 62 : Projections de la position du rivage en 2030, 2050 et 2100 des principaux sites 114
Figure 63 : Bilan sédimentaire général de l'avant côte du Rhône - source : [L001] 116
Figure 64 : bilans sédimentaires par secteur géographique – source : [L001] 118
Figure 65 : Positions des isobathes de 1872 à 2018 – source de 1872 à 2005 : [L008] – source 2018 : Symadrem 120
Figure 66 : Localisation des profils de plage transversaux 120
Figure 67 : Evolution des profils de plage transversaux 121
Figure 68 : Evolution des fonds de l'avant-côte aux Saintes-Maries-de-la-Mer (source : [L001]) 122
Figure 69 : Atlas de l'évolution morphologique et budget sédimentaire 2009-2015 du littoral de la Région Occitanie – Source : [L005] 124
Figure 70 : flèche de l'Espiguette : carte des différences bathymétriques entre 2018 et 2009 et graphique des évolutions des volumes (source [L005]) 126
Figure 71 : Bilan sédimentaire par cellules – période d'analyse : 2006-2013 (sauf Golfe de Aigues Mortes : 2009-2015) 127
Figure 72 : profil en long de la ligne de protection sur le périmètre de la stratégie « littoral », d'ouest en est 150
Figure 73 : localisation de la ligne de protection 150
Figure 74 : profil en long de la ligne de protection entre la passe des abîmes et le canal de Peccais 151
Figure 75 : Profil en long de la ligne de protection entre le canal de Peccais et le Petit Rhône 152
Figure 76 : profil en long de la ligne de protection entre le Petit Rhône et le Vieux Rhône (secteur de la digue à la mer) 153
Figure 77 : profil en long de la ligne de protection de front de mer entre la Plage Est et le Grau de la Dent 154
Figure 78 : profil en long de la ligne de protection entre le Vieux Rhône et le Grand Rhône 155
Figure 79 : profil en long de la ligne de protection en front de mer, entre le grau de la Dent et le Grand Rhône 155
Figure 80 : profil en long de la ligne de protection entre le Grand Rhône et le They de la Gracieuse 156
Figure 81 : localisation des points bas de la ligne de protection 157
Figure 82 : La Résidence de la Mer (plage du Boucanet) au Grau-du-Roi 158
Figure 83 : Plage rive droite au Grau-du-Roi 158
Figure 84 : Promenade de Port Gardian aux Saintes-Maries-de-la-Mer 158
Figure 85 : Carte de localisation des marégraphes 161

Figure 86 : Niveaux marins au Grau de la Dent – 1986 à 2016 (source de la donnée : Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est / retranscription des données CETE)..... 163
Figure 87 : Niveaux marins au pertuis de la Fourcade – 2001 à 2019 (source de la donnée : Réserve Naturelle Nationale de Camargue / SNPN)..... 164
Figure 88 : Comparaison des moyennes annuelles des différents marégraphes 165
Figure 89 : Débit moyen mensuel du Rhône entre 1971 et 2019..... 168
Figure 90 : Evolution du débit moyen annuel (module) entre 1971 et 2019 168
Figure 91 : niveaux moyens journaliers à la Fourcade Nord 171
Figure 92 : Evolution du niveau marin et du niveau des étangs impériaux entre 2001 et 2019 (source de la donnée : RNN – SNPN)..... 172
Figure 93 : localisation des pluviomètres..... 174
Figure 94 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Arles sur les 10, 20 et 30 dernières années (Tour du Valat) 175
Figure 95 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels aux Saintes Maries de la Mer sur les 10, 20 et 30 dernières années..... 176
Figure 96 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Aigues Mortes sur les 10, 20 et 30 dernières années 177
Figure 97 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Tarascon, sur les 10, 20 et 30 dernières années 178
Figure 98 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Nîmes-Garons 179
Figure 99 : Pluviométrie mensuelle moyenne sur la frange littorale du Grand Delta (station d'Arles Tour du Valat / Saintes Maries de la Mer / Aigues Mortes) et au nord du Grand Delta (station de Nîmes Garons et Tarascon) 181
Figure 100 : Evolution des cumuls mensuels pour les trois stations du littoral (sud du Grand Delta)..... 182
Figure 101 : Evolution des cumuls mensuels pour les stations au Nord du Grand Delta 182

TABLEAUX

Tableau 1 : nombre de personnes sinistrées en fonction de la tempête considéréé..... 19
Tableau 2 : Population et logements exposés au risque de submersion marine..... 19
Tableau 3 : établissements d'activités économiques et emplois exposés au risque de submersion marine..... 20
Tableau 4 : Activités agricoles exposées au risque de submersion marine..... 20
Tableau 5 : établissements publics exposés au risque de submersion marine 21
Tableau 6 : Population et logements exposés au risque d'érosion du trait de côte 22
Tableau 7 : établissements d'activités économiques et emplois exposés au risque d'érosion côtière..... 22
Tableau 8 : activités agricoles exposées au risque d'érosion côtière 23
Tableau 9 : étbalissement publics exposés au risque d'érosion côtière 23
Tableau 10 : Projections d'élévation du niveau marin moyen mondial (fourchettes probables) par rapport à une base de référence de 1995-2014..... 35
Tableau 11 : Projections d'élévation du niveau marin moyen mondial – en mètre – fourchettes probables, par rapport à 2021..... 36
Tableau 12 : Principaux paramètres des tempêtes modélisées par le BRGM pour le SYMADREM..... 43
Tableau 13 : Modification des occurrences des tempêtes..... 58
Tableau 14 : Synthèse des modifications des occurrences de tempêtes..... 59
Tableau 15 : nombre de logements, d'entreprises, d'établissements publics et surfaces des parcelles agricoles concernés par l'ennoiement permanent 62
Tableau 16 : Synthèse des valeurs de forçages des scénarios de tempêtes retenus pour l'analyse économique 66
Tableau 17 : Prévisions d'élévation du niveau marin selon le GIEC en 2030, 2050 et 2100.. 67
Tableau 18 : Montants des dommages (en millions d'€uros) liés aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses..... 68
Tableau 19 : Montant des dommages liés aux tempêtes dans les centres urbains et autres zones urbanisées, à l'horizon temporel actuel (2021) 72
Tableau 20 : Nombre de personnes sinistrées lié aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses 73
Tableau 21 : Nombre de personnes sinistrées en danger lié aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses..... 75
Tableau 22 : Nombre d'emplois impactés lié aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses..... 76
Tableau 23 : Détail du calcul du DMA pour l'ensemble des hozirons temporels considérés.. 78
Tableau 24 : comparaison du nombre d'individus exposés aux différents risques..... 87
Tableau 25 : marégraphes et leurs gestionnaires..... 160
Tableau 26 : périodes de données disponibles et manquantes aux marégraphes. Données non prises en compte pour l'analyse 162
Tableau 27 : Données disponibles à chaque pluviomètre 173
Tableau 28 : Evolution des cumuls annuels de précipitations 180
Tableau 29 : Paramètres utilisés pour la définition du niveau d'enjeux anthropiques..... 275

Tableau 30 : Paramètres utilisés pour la définition de la vulnérabilité 276
Tableau 31 : tableau récapitulatif des paramètres utilisés pour définir la typologie de la vulnérabilité au risque d'érosion du trait de côte – par tronçon 281

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DANS LEQUEL S'INSCRIT LA DEMARCHE

En 2020, les six Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI-FP) membres du SYMADREM (Métropole Aix-Marseille Provence, Agglomération Arles Crau Camargue Montagnette, Agglomération Nîmes Métropole, Communauté de communes Terre de Camargue, Communauté de communes Beaucaire Terre d'Argence et Communauté de communes Petite Camargue) ont fait le choix de transférer leur compétence Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) au 1er janvier 2020 sur le territoire dit du grand delta du Rhône. Les missions concernées comportent notamment le volet « **défense contre les inondations et contre la mer** » (Alinéa 5 du L211-7 du Code de l'Environnement).

Sur cette thématique, le schéma d'organisation de la compétence locale de l'eau sur le Grand Delta du Rhône (étude SOCLE) présenté en 2019 a également conclu de la façon suivante :

- « Le Symadrem assurera la gestion de la digue à la Mer et la gestion du trait de côte (le Symadrem prendra en charge la gestion du trait de côte de Port-Saint-Louis du Rhône au Grau-du-Roi) » ;

- « Le Symadrem initiera un plan littoral dans le cadre de sa compétence GEMAPI ».

L'élaboration de la stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône constitue la première étape de ce « Plan Littoral ». Les deux thématiques traitées sont la submersion marine et l'érosion côtière.

Le contexte administratif, réglementaire et législatif lié à ces deux thématiques est le suivant :

- Erosion côtière :
  - Stratégies nationale et régionale (en Occitanie uniquement) de gestion intégrée du traît de côte ;
  - Loi climat et résilience (2021)

- Submersion marine :
  - Loi du 16 septembre 1807 ;
  - Décret « digues » de 2019 pour la définition et gestion des systèmes d'endiguement.

La stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône se découpe en deux phases :

- le diagnostic, objet du présent rapport. Son contenu est détaillé au § 1.3 ;

- l'élaboration de la stratégie. Cette seconde phase démarrera une fois la phase « Diagnostic » validée par le comité de pilotage. Elle étudiera plusieurs scénarios d'aménagement possibles pour réduire le risque de submersion marine et d'érosion du trait de côte et détaillera les conséquences sur les enjeux anthropiques de chaque

scénario. C'est dans cette phase que seront également repertoriés les besoins en suivi du littoral. Enfin, les études à réaliser pour compléter la connaissance du territoire, ou pour définir plus précisément un aménagement, seront listées.

La stratégie littoral débouchera sur l'élaboration d'un PAPI Littoral.

1.2 PERIMETRE DE LA STRATEGIE

Le littoral étudié dans le cadre de la stratégie est celui des quatres communes suivantes :

- Le Grau-du-Roi (Gard) ;
- Les Saintes-Maries-de-la-Mer (Bouches-du-Rhône) ;
- Arles (Bouches-du-Rhône) ;
- Port-Saint-Louis-du-Rhône (Bouches-du-Rhône).

Les limites Est et Ouest du périmètre sont présentées sur la carte suivante :

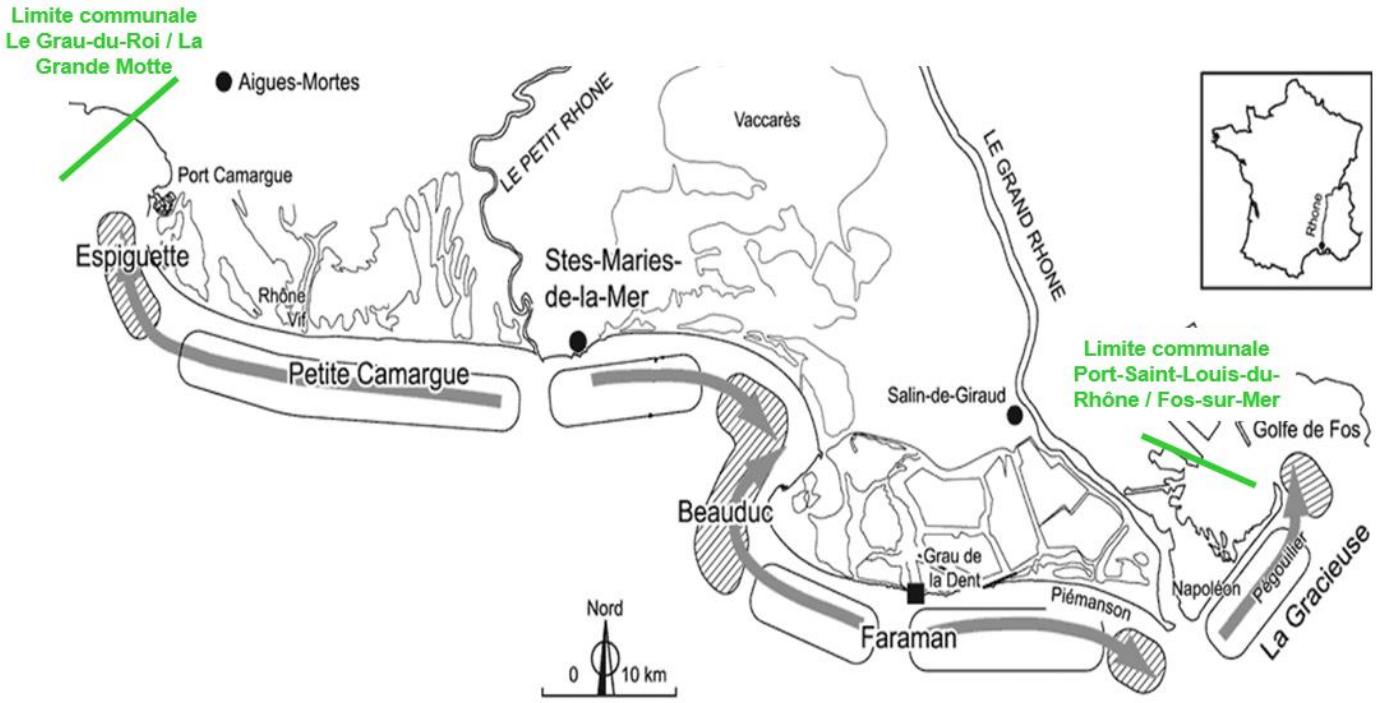


Figure 1 : Limites Est et Ouest du littoral étudié dans le cadre de la stratégie (fond de carte : cellules hydrosédimentaires du Delta du Rhône – Sabatier)

Les communes concernées par le risque de submersion marine et/ou d'ennoiement des terres basses sont les suivantes : Arles, Le Grau-du-Roi, Les Saintes-Maries-de-la Mer, Aigues-Mortes, Saint-Gilles, Vauvert, Le Cailar, Saint-Laurent d'Aigouze, Beauvoisin, Aimargues, Fontvieille, Maussane-les-Alpilles, Mouriès et Le Paradou, Port-Saint-Louis-du-Rhône.

Ce périmètre est appelé dans la suite du rapport le Grand Delta du Rhône. Les communes concernées sont représentées sur la figure suivante :

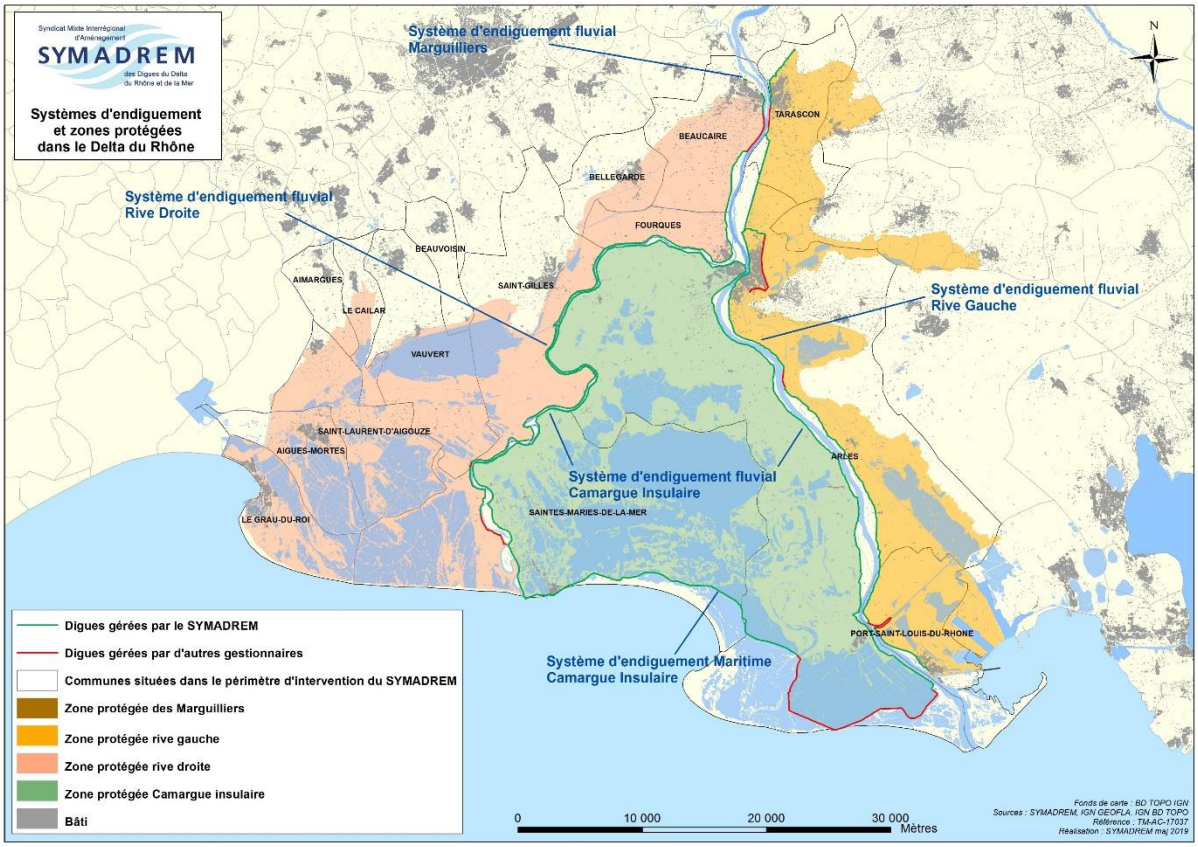


Figure 2 : Le Grand Delta du Rhône et les zones protégées

1.3 CONTENU DU DIAGNOSTIC

Le contenu du diagnostic est le suivant :

- **Présentation des enjeux**

Les enjeux exposés au risque de submersion marine, puis au risque d'érosion côtière ont été recensés sur le territoire. Il s'agit en particulier de la population et des logements, des établissements d'activités économiques et des emplois, des activités agricoles et des établissements publics. Les résultats sont présentés par zones protégées, par communes, et par occupation du sol (centre urbain dense, autres zones urbanisées, zones non urbanisées).

- **Exposition du territoire au risque de submersion**

Ce paragraphe détaille les principales conclusions du rapport du GIEC concernant les différentes hypothèses d'élévation du niveau marin. Les paramètres définissant les tempêtes sur le périmètre du Grand Delta de Camargue sont rappelés. Une analyse est menée pour quantifier l'évolution de l'occurrence des tempêtes en lien avec l'évolution du niveau marin. En effet, comme le niveau marin moyen sera plus élevé, la surcote liée à un évènement météorologique

donné, entrainera un niveau de tempête plus haut qu'aujourd'hui. En d'autres termes, les niveaux marins extrêmes seront atteints plus fréquemment.

- **Conséquences de la submersion marine et de l'élévation du niveau de la mer sur les enjeux**

L'augmentation de la fréquence des tempêtes aura des conséquences sur les enjeux du territoire. Les logements, entreprises, bâtiments publics et parcelles agricoles concernées par le risque de submersion marine à l'heure actuelle, à l'horizon 2030, 2050 et 2100 ont été recensés. Le coût monétaire des dommages pour ces mêmes horizons temporels a été évalué. Les résultats sont présentés à l'échelle du territoire, par commune et par type d'occupation du sol (centre urbain dense, autres zones urbanisées, zones non urbanisées).

- **Exposition du territoire aux phénomènes d'érosion et d'accrétion du trait de côte**

Ce travail est réalisé à l'échelle des cellules hydrosédimentaires du périmètre de la stratégie. Les évolutions historiques, ainsi que les projections d'évolution du trait de côte sont présentées. L'efficacité des enrochements existants sur le rivage, ainsi que l'évolution des largeurs de plage dans les secteurs avec enrochements sont analysées. Des éléments sur l'évolution morphologique et les bilans sédimentaires des cellules sont également présentés.

Ces éléments, combinés à une étude des enjeux situés dans la bande côtière de 250 m de large, ont permis de découper le littoral en différents tronçons pour lesquels une typologie de la vulnérabilité de ces enjeux au risque d'érosion du trait de côte a été définie, sur le modèle du travail réalisé par la DREAL Occitanie dans la stratégie régionale de gestion intégrée du trait de côte (SRGITC) en 2018. A ce stade de l'étude, les modes de gestion associés à chaque typologie ne sont pas définis.

- **Ouvrages de maintien du trait de côte et/ou de protection contre la submersion marine**

Ce paragraphe présente l'occupation de la frange littorale actuelle. Les ouvrages de maintien du trait de côte et de protection contre la submersion marine sont recensés. Les dunes et cordon de second rang également. Des cartographies détaillent l'état des ouvrages et leurs gestionnaires actuels.

Une analyse des points bas de la ligne de protection contre la submersion marine est effectuée. La ligne de protection est le niveau altimétrique de l'élément qui fait « rempart » contre la submersion marine. Il peut s'agir du niveau altimétrique de la crête d'un ouvrage lorsqu'il y en a un, ou du niveau altimétrique du sommet d'une dune ou d'une plage.

- **Analyse des données mesurées**

Ce paragraphe met en évidence l'évolution de plusieurs paramètres physiques sur le territoire du Grand Delta du Rhône : niveau marin moyen ; débits du Rhône à la station de Beaucaire-Tarascon ; niveau des étangs mesuré au pertuis de la Fourcade ; pluviométrie. Ces paramètres n'ont pas tous un lien direct avec les problématiques de la submersion marine et de l'évolution du trait de côte. L'analyse de leurs variations sur les dernières décennies permet toutefois de

dresser un état des lieux quantifié des conséquences du réchauffement climatique sur le Grand Delta du Rhône.

- **Conclusion**

Les principales conclusions de l'étude sont présentées. Les secteurs les plus problématiques vis-à-vis du risque d'érosion du trait de côte et du risque de submersion marine sont identifiés.

1.4 BIBLIOGRAPHIE

Les références bibliographiques utilisées dans le rapport figurent au § 9

2 PRESENTATION DES ENJEUX

2.1 ENJEUX RECENSES

Les enjeux recensés sur le territoire sont :

- la population et les logements ;
- les établissements d'activités économiques et les emplois ;
- les activités agricoles ;
- les établissements publics.

Le recensement concerne les enjeux exposés au risque de submersion marine, et ceux exposés au risque d'érosion du trait de côte.

Pour la submersion marine, plusieurs emprises ont été considérées pour le recensement des enjeux :

- l'emprise maximale et sécuritaire, qui correspond à l'emprise inondée par la tempête millénale en 2100, en tenant compte d'une élévation du niveau marin de 60 cm et d'un niveau d'eau initial dans les terres basses de 0,6 m NGF. La modélisation a été réalisée dans le cadre de l'étude du BRGM « Modélisation de la submersion marine en Camargue – Simulations complémentaires pour le SYMADREM » [**L003].** Tous les enjeux situés dans le contour de cette emprise sont comptabilisés comme concerné par le risque de submersion marine, même s'ils sont situés à une altitude plus haute de que le niveau d'eau. On considère en effet que même s'ils ont les « pieds secs », ces enjeux seront impactés du fait des axes de circulation coupés. A cette emprise sont ajoutés tous les enjeux situés à une altitude inférieure ou égale à 1 m NGF ; Cette emprise est présentée sur la Figure 3
- l'emprise de cette même tempête, en ne comptabilisant que les enjeux effectivement inondés (tempête 6C1);
- l'emprise de tempêtes intermédiaires (tempête trentenale 2A, tempête centennale 3A, tempête d'occurrence ≈ 500 ans). Ces emprises sont présentées sur la Figure 4.

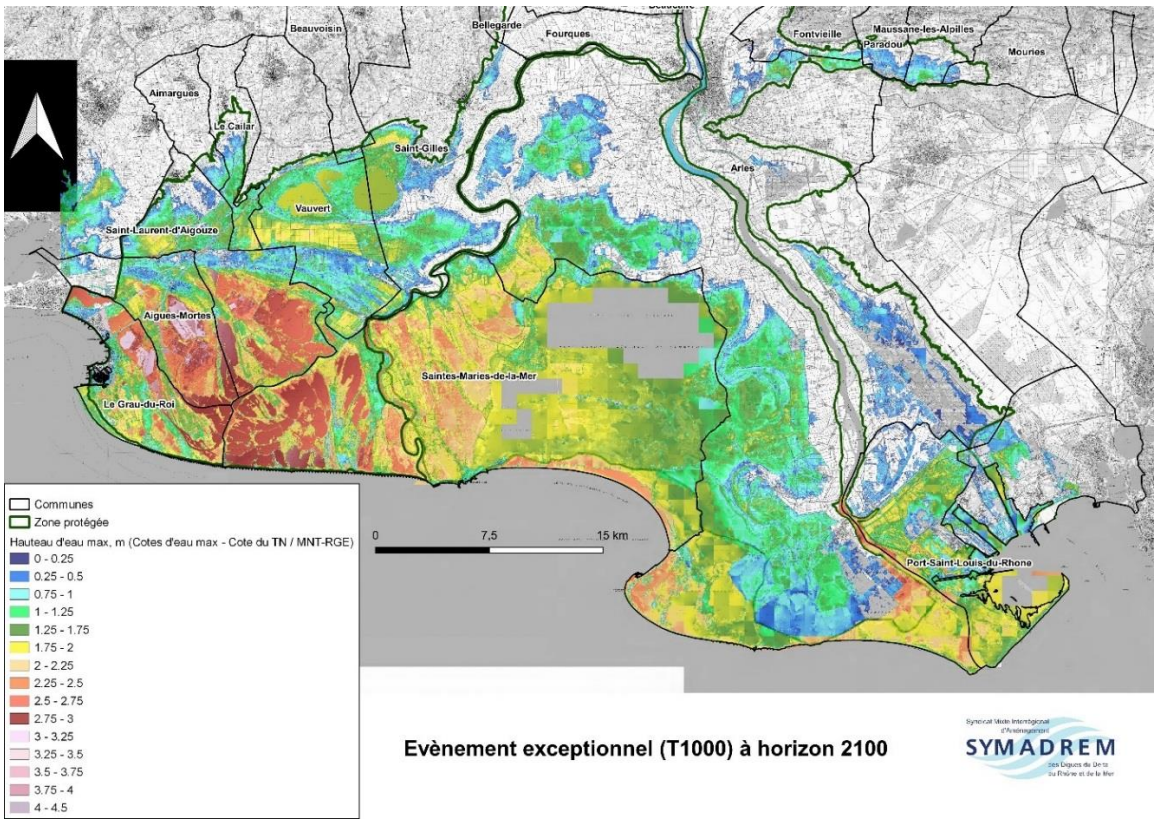


Figure 3 : Emprise utilisée pour le recensement des enjeux exposés à la submersion marine (source modélisation : BRGM)

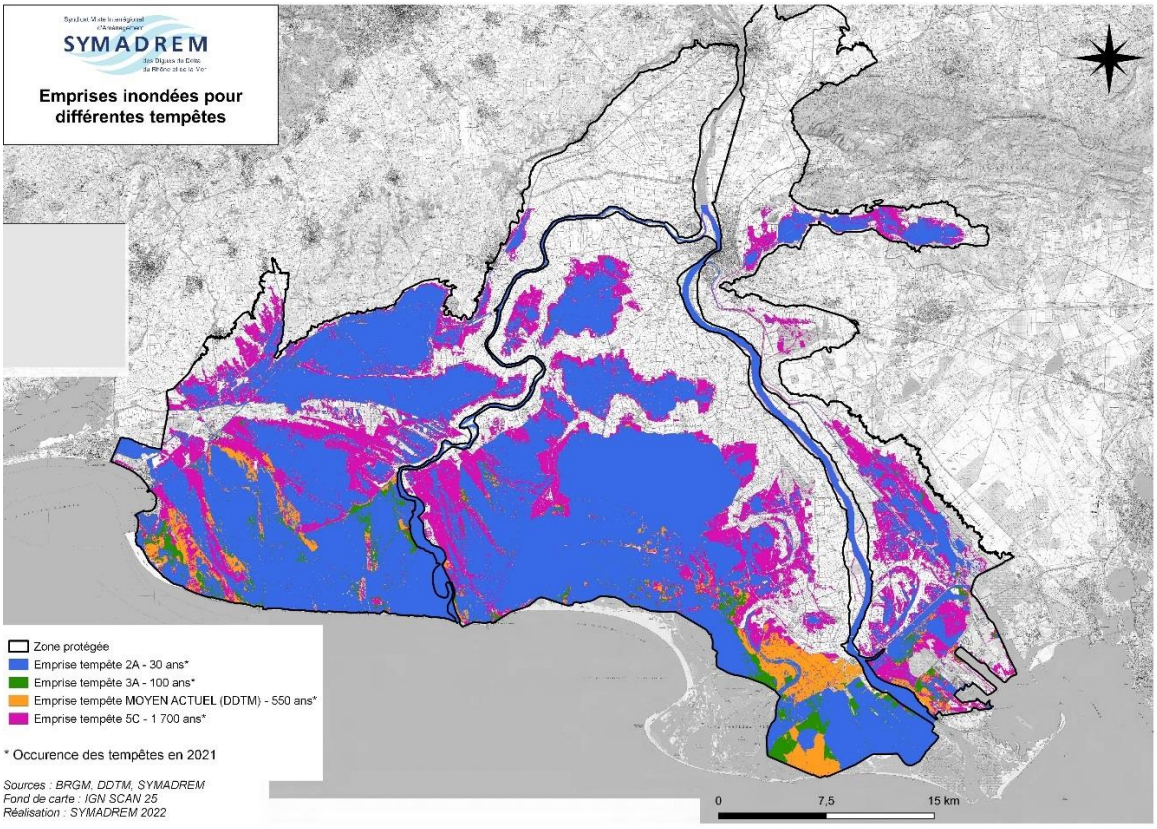


Figure 4 : Emprises inondées pour différentes tempêtes

Pour l'érosion côtière, l'emprise considérée est basée sur les projections de trait de côte à horizon 2100 réalisée par le CEREGE dans le cadre de l'étude « Une approche scientifique pour une connaissance des risques littoraux en Camargue » [**L001].** Cette étude propose 3 projections pour l'horizon 2100, basées sur 3 hypothèses de vitesses de recul, ne prenant pas en compte l'intervention du SYMADREM. Le trait de côte retenu pour le recensement des enjeux correspond à une combinaison des trois hypothèses, en retenant, tronçon par tronçon, la plus pessimiste d'entre-elles. Ce trait de côte est présenté sur la figure ci-dessous. Pour le linéaire compris entre la Passe des Abîmes et l'Espiguette – non couvert par l'étude du CEREGE – c'est le trait de côte projeté à 2100 défini dans l'étude « Actualisation de l'aléa érosion en Languedoc-Roussillon » réalisée par le BRGM **[L006]** qui a été retenu.

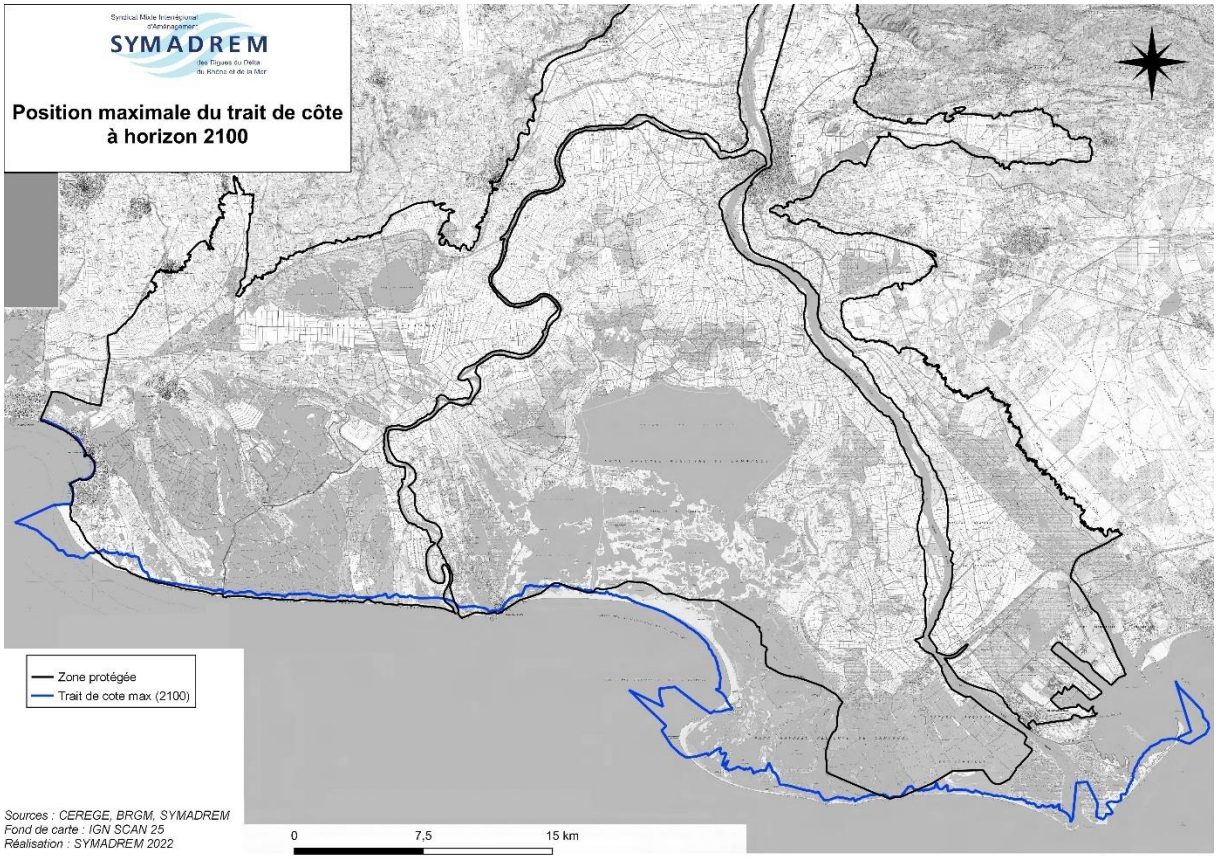


Figure 5 : Limite utilisée (en bleu) pour le recensement des enjeux exposés au risque d'érosion côtière

Les résultats du recensement des enjeux sont présentés sous forme de tableaux synthétiques dans les paragraphes suivants. On y distingue les enjeux situés dans les centres urbains, dans les autres zones urbanisées et dans les zones non urbanisées. Ce découpage est celui utilisé dans les Plan de Prévention des Risques Inondations (PPRI).

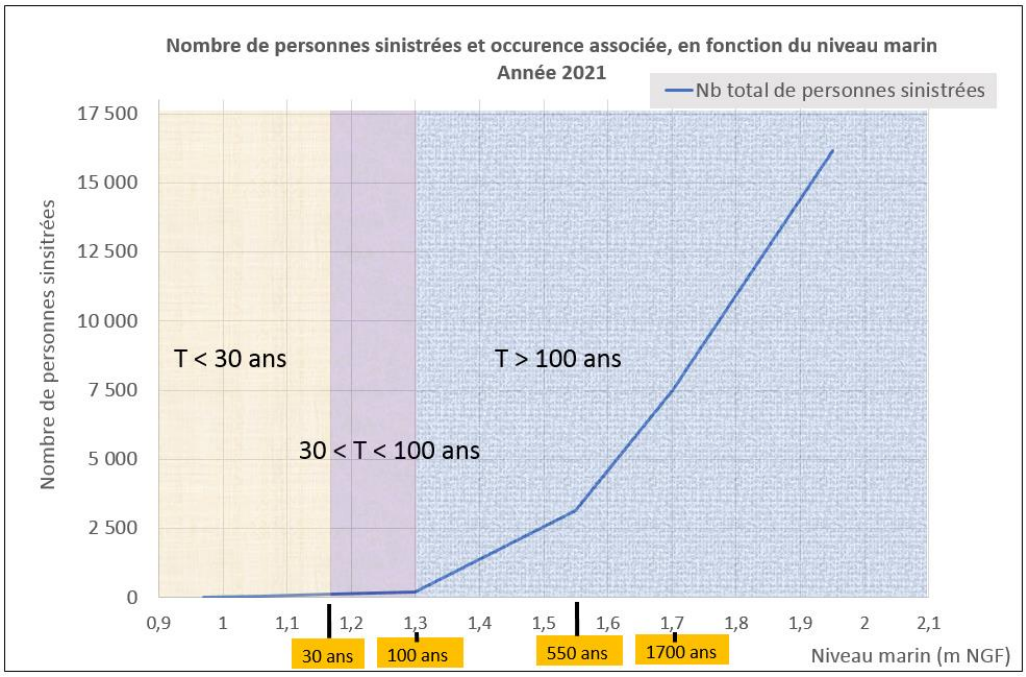
En annexe, les résultats du recensement des enjeux sont également présentés par zones protégées (Rive droite du Rhône, Rive gauche du Rhône et Camargue insulaire) et par communes.

Les cartographies de la localisation des enjeux, à l'échelle du Grand Delta du Rhône, sont présentées dans le dossier des annexes cartographiques.

2.2 ENJEUX CONCERNES PAR LE RISQUE DE SUBMERSION MARINE

2.2.1 Personnes sinistrées en fonction de la tempête considérée

Le nombre de personnes sinistrées en fonction du niveau marin, et de l'occurrence associée de la tempête est présenté sur les figures suivantes :



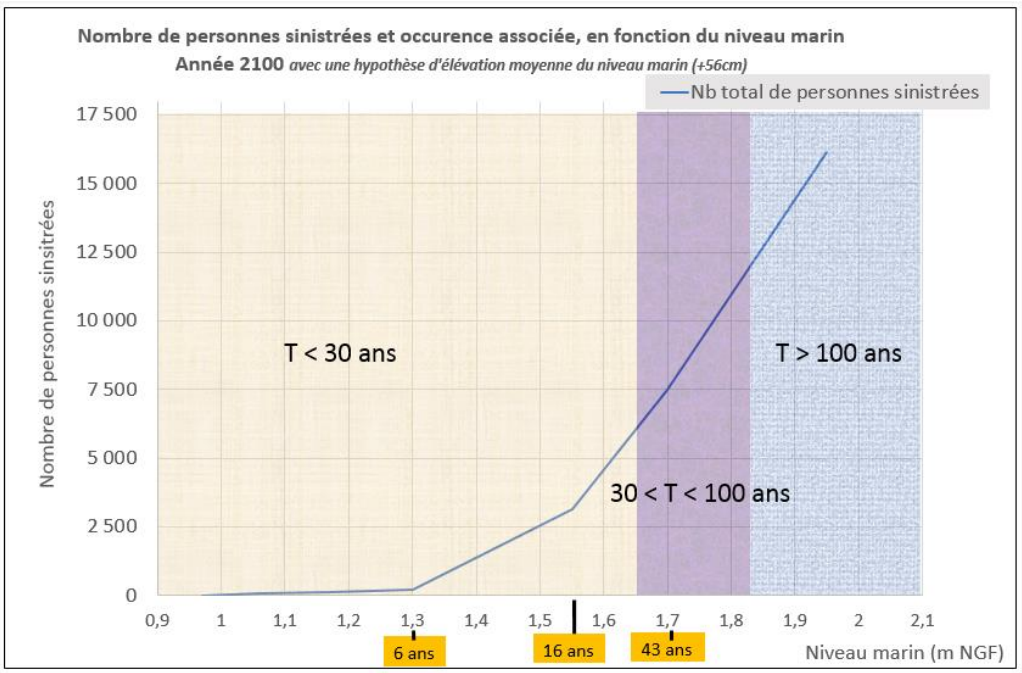


Figure 6 : Nombre de personnes sinistrées et occurrence associée, en fonction du niveau marin

Du fait de l'élévation du niveau marin, l'occurrence d'apparition des niveaux en cas de tempête évolue avec les années (l'explication de ce phénomène fait l'objet du § 3.6).
On retiendra les valeurs suivantes :

Tableau 1 : nombre de personnes sinistrées en fonction de la tempête considéréé

Tempête	Nombre de personnes sinistrées
30 ans* *(2A)*	108
100 ans* *(3A)*	220
550 ans* *(« moyen actuel »)*	3158
1700 ans* *(5C)*	7493
1000 ans 2100 *(6C1)*	23 825
Emprise maximale	32 047

** les occurrences sont celles de l'année 2021*

La tempête d'occurrence 550 ans en 2021 impacte environ 3000 personnes. En 2100, si on retient l'hypothèse moyenne d'élévation du niveau marin, soit + 56 cm, l'occurrence de cette tempête sera fréquente (≈ 15 ans – cf Figure 6).

Le paragraphe suivant détaille les enjeux concernés pour l'emprise maximale considérée.

2.2.2 Détails des enjeux concernés pour l'emprise maximale

La population et les logements recensés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Population et logements exposés au risque de submersion marine

Zonage PPRI	Nombre ménages	Nombre individus	Individus vulnérables <18 ans & > 65 ans	Nombre individus Plain-pied	Densité population (nb/km²)	Nombre bâtiments de logements	Nombre bâtiments de logements plain-pied
Centres villageois et centres urbains (CU)	5 752	11 589	4 851	1 195	0	5 660	1 171
Autres zones urbanisées (AZU)	8 811	18 266	7 924	2 487	0	7 484	1 846
Zones non urbanisées ou ZEC	935	2 191	744	778	0	2 956	1 686
Total delta littoral	**15 499**	**32 047**	**13 519**	**4 460**	**0**	**16 100**	**4 703**

Les cartographies du découpage des Centre villageois et centres urbains, autres zones urbanisées et zones non urbanisées sont présentées dans le dossier des annexes cartographiques.

Les établissements d'activités économiques recensés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : établissements d'activités économiques et emplois exposés au risque de submersion marine

Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) situés dans la zone protégée								
	TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€			Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
	Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Centres villageois et centres urbains (CU)	1 850	2 995	2	152	17 774	702	750	1 146	2 094
Autres zones urbanisées (AZU)	3 213	5 083	3	86	100 327	1 250	1 298	1 960	3 699
Zones non urbanisées ou ZEC	825	955	1	16	117	486	458	338	481
TOTAL	**5 888**	**9 033**	**6**	**253**	**118 217**	**2 438**	**2 506**	**3 444**	**6 274**

Les activités agricoles recensées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Activités agricoles exposées au risque de submersion marine

ZONE PROTEGEE	Indicateurs M3 - Activités agricoles								
	Surface parcellaire située dans la zone protégée (ha)	Surface parcellaire située dans la zone protégée, par type de culture (ha)							
		Arboriculture	Cultures légumières & maraîchères	Cultures sous serres & abris	Friches	Grandes cultures	Prairies	Riz	Vignes
Plaine de Beaucaire	1 892	6	82	0	163	127	1 191	298	25
Camague Gardoise	19 578	78	863	11	215	1 984	11 234	2 623	2 569
RIVE DROITE	**21 469**	**84**	**945**	**11**	**379**	**2 111**	**12 425**	**2 921**	**2 594**
CAMARGUE INSULAIRE	**25 912**	**1**	**707**	**0**	**470**	**2 584**	**16 624**	**5 497**	**29**
RIVE GAUCHE	**9 908**	**1**	**66**	**190**	**1 301**	**5 712**	**2 604**	**17**	**17**
DELTA DU RHONE	**57 290**	**86**	**1 718**	**200**	**2 150**	**10 407**	**31 654**	**8 434**	**2 640**

Les établissements publics recensés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : établissements publics exposés au risque de submersion marine

Zonage PPRI	Indicateurs M4 - Etablissements publics							
	Nb. Total d'établissements situés dans la ZP	Nombre d'établissements par type d'établissements publics						
		Centres techniques municipaux	Etablissements d'incendie et de secours	Etablissements de santé	Etablissements scolaires	Gendarmeries & commissariats de police	Hébergements	Mairies & centres administratifs
Centres villageois et centres urbains (CU)	**46**	15	1	3	15	3	0	9
Autres zones urbanisées (AZU)	**34**	10	3	3	12	3	0	3
Zones non urbanisées ou ZEC	**1**	0	0	0	1	0	0	0
TOTAL	**81**	**25**	**4**	**6**	**28**	**6**	**0**	**12**

2.3 ENJEUX CONCERNES PAR LE RISQUE D'EROSION COTIERE

2.3.1 Population et bâtiments de logements

La population et les logements recensés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Population et logements exposés au risque d'érosion du trait de côte

Zonage PPRI	Nombre ménages	Nombre individus	Individus vulnérables <18 ans & > 65 ans	Nombre individus Plain-pied	Nombre bâtiments de logements	Nombre bâtiments de logements plain-pied
Centres villageois et centres urbains (CU)	144	275	112	42	324	74
Autres zones urbanisées (AZU)	46	90	38	19	70	40
Zones non urbanisées ou ZEC	9	20	7	16	63	50
Total delta littoral	**198**	**385**	**157**	**77**	**457**	**164**

2.3.2 Etablissements d'activités économiques

Les établissements d'activités économiques recensés sont présentés dans le tableau suivant. Ils sont tous situés sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Tableau 7 : établissements d'activités économiques et emplois exposés au risque d'érosion côtière

Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) impactés par l'érosion (2100)								
	TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€			Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
	Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Centres villageois et centres urbains (CU)	66	70	0	0	0	66	70	0	0
Autres zones urbanisées (AZU)	18	18	0	0	0	18	18	0	0
Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	**84**	**88**	**0**	**0**	**0**	**84**	**88**	**0**	**0**

2.3.3 Activités agricoles

Les activités agricoles recensées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 8 : activités agricoles exposées au risque d'érosion côtière

ZONE PROTEGEE	Indicateurs M3 - Activités agricoles								
	Surface parcellaire située dans la zone protégée (ha)	Surface parcellaire impactée par érosion (2100), par type de culture (ha)							
		Arboriculture	Cultures légumières & maraîchères	Cultures sous serres & abris	Friches	Grandes cultures	Prairies	Riz	Vignes
RIVE DROITE	401	0	0	0	0	0	401	0	0
CAMARGUE INSULAIRE	50	0	0	0	0	0	50	0	0
DELTA DU RHONE	451	0	0	0	0	0	451	0	0

2.3.4 Etablissements publics

Les établissements publics recensés sont présentés dans le tableau suivant. Ils sont tous situés sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Tableau 9 : étbalissement publics exposés au risque d'érosion côtière

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Indicateurs M4 - Etablissements publics							
		Nb. Total d'établissements situés dans la ZP	Nombre d'établissements par type d'établissements publics						
			Centres techniques municipaux	Etablissements d'incendie et de secours	Etablissements de santé	Etablissements scolaires	Gendarmeries & commissariats de police	Hébergements	Mairies & centres administratifs
Saintes-Maries-de-la-Mer	Centres villageois et centres urbains (CU)	4	1	0	0	2	0	0	1
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Saintes-Maries-de-la-Mer	**4**	**1**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**1**
TOTAL CAMARGUE INSULAIRE		**4**	**1**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**1**

2.4 BILAN

On retient les chiffres suivants pour l'exposition au risque de submersion marine dans l'enveloppe de la tempête millénale à l'horizon 2100 :

- Environ 32 000 individus et 16 000 logements ;
- Environ 6000 établissements d'activités économiques et 9000 emplois ;
- Environ 57 000 ha d'activités agricoles.

Pour une tempête assimilée à la tempête vingtenale à l'horizon 2100, environ 3000 individus sont exposés.

Concernant le risque d'érosion côtière, sont exposés à horizon temporel 2100 :

- Environ 400 individus et 500 logements ;
- Environ 80 établissements d'activités économiques et 90 emplois ;
- Environ 450 ha d'activités agricoles.

Pour les tempêtes fréquentes (>15 ans) ou exceptionnelles à horizon 2100, le nombre d'enjeux concerné par le risque de submersion marine est nettement supérieur à celui concerné par le risque d'érosion côtière.

3 EXPOSITION DU TERRITOIRE AU RISQUE DE SUBMERSION

3.1 ELEVATION DU NIVEAU MARIN SELON LE GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT (GIEC)

3.1.1 Qu'est-ce que le GIEC ?

Le GIEC est le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (en anglais : Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). Créé en 1988 par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), il rassemble 195 États membres.

Lieu d'expertise synthétisant l'état des connaissances sur le changement climatique et le rôle de l'activité humaine, le GIEC publie des rapports scientifiques sur lesquels s'appuient les États pour trouver des accords dans la lutte contre le réchauffement.

Les dernières publications du GIEC traitant de la question de l'élévation du niveau marin sont :

- Cinquième rapport d'évaluation du GIEC, dit **AR5** paru en 2014 **[L300] ;**
- Rapport spécial sur les océans et la cryosphère dans le contexte du changement climatique, dit **SROCC** paru en 2019 **[L302]** ;
- Sixième rapport d'évaluation du GIEC, dit **AR6** paru en 2021, en **version provisoire [L303]**. Les données présentées dans les paragraphes suivant proviennent de ce sixième rapport, la référence est « Climate Change 2021 – The Physical Science Basis » - IPCC. La version définitive est prévue pour le 3 octobre 2022.

3.1.2 Représentation du degré de certitude dans le rapport AR6

Le degré de certitude des principaux résultats de l'AR6 est basé sur les évaluations des connaissances scientifiques qui sous-tendent ces résultats. Il est exprimé de quatre façons différentes mais complémentaires :

- par la robustesse des mises en évidence [preuves scientifiques disponibles] [E] (voir schéma ci-après),
- la confiance vis-à-vis de la validité des résultats est basée sur le degré d'accord [A],
- par un niveau de confiance qualitatif [C],
- là où c'est possible, il est quantifié en termes de probabilité [P].

Dans l'AR6, les termes qualifiant les degrés de confiance, de mises en évidence, d'accord et de probabilité sont indiqués en italiques dans le corps du texte mais dans la synthèse du Citepa qui suit, le degré de certitude est simplifié de la façon suivante :

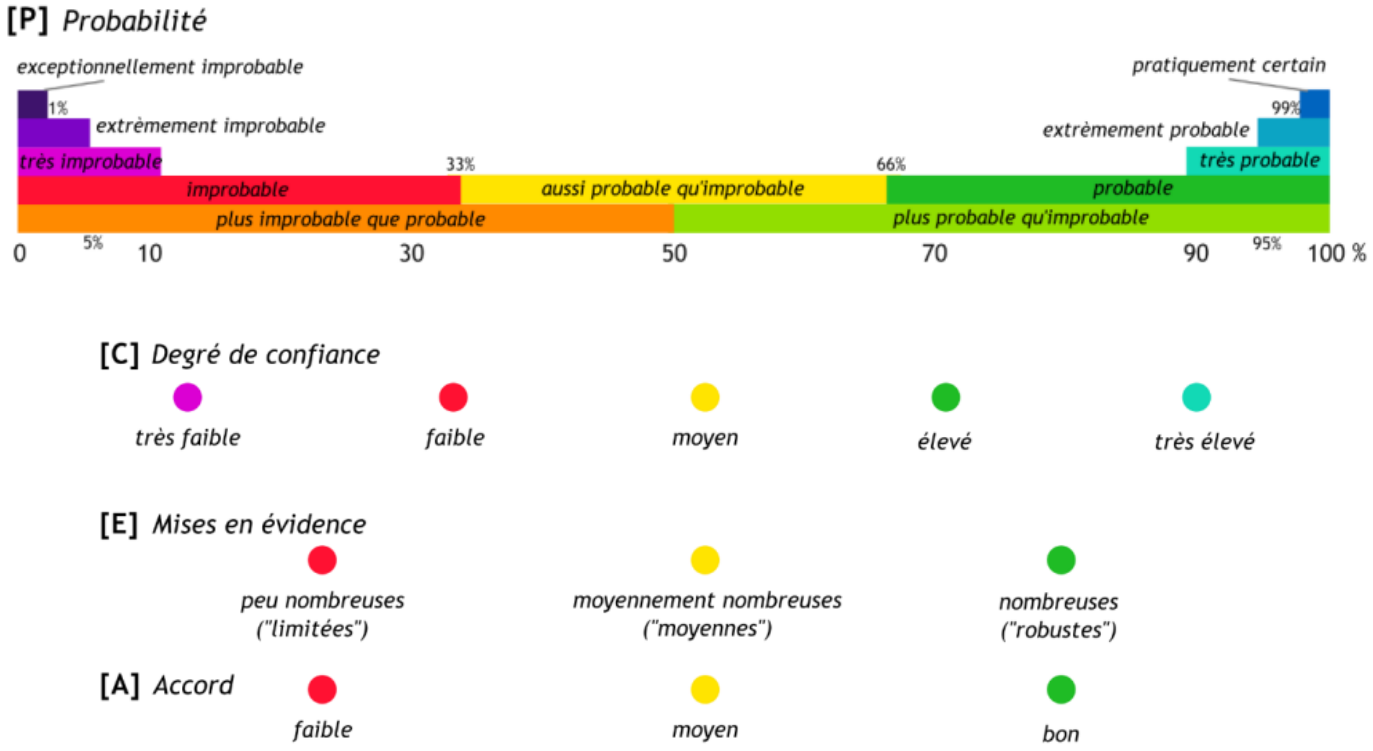


Figure 7 : Représentation du degré de certitude dans l'AR6

3.1.3 Etat des lieux du climat actuel (échelle mondiale)

Le Centre technique de référence en matière de pollution atmosphérique et de changement climatique (CITEPA) résume les messages clés du dernier rapport du GIEC de la façon suivante **[L304]** :

- Aujourd'hui, c'est un fait établi et sans équivoque que le réchauffement de l'atmosphère, des océans et des terres est dû aux activités humaines.

- Le réchauffement déjà constaté (la période 2011-2020) est de +1,09°C par rapport à la période 1850-1900, Ce réchauffement est plus important sur les continents (+1,59°C) qu'au-dessus des océans (+0,88°C).

- Le réchauffement directement attribuable aux activités humaines (sur la période 2010-2019) est de +1,07°C, soit la quasi-totalité du réchauffement observé.

- Le niveau moyen de la mer, à l'échelle planétaire, s'est élevé de 20 cm entre 1901 et 2018, ce rythme s'étant accéléré pour atteindre 3,7 mm/an sur la période 2006-2018. Ce rythme d'élévation est le plus rapide depuis au moins 3 000 ans.

- En 2019, les concentrations atmosphériques de CO2 actuelles sont les plus hautes depuis au moins 2 millions d'années. Celles de CH4 et de N2O sont les plus élevées depuis au moins 800 000 ans. • Le rythme de réchauffement de la température à la surface de la Terre est sans précédent depuis au moins 2 000 ans.

Concernant plus particulièrement les océans et l'élévation du niveau de la mer :

- Il est pratiquement certain que la partie supérieure des océans (0-700 m) à l'échelle planétaire se soit réchauffée depuis les années 1970. Il est extrêmement probable que l'influence humaine soit le facteur principal de cette évolution. Il est pratiquement certain que les émissions de CO2 d'origine anthropique soient le facteur principal de l'acidification mondiale actuelle des océans.

- L'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle planétaire a été de 0,20 m, soit 20 cm [fourchette comprise entre 0,15 m et 0,25 m] entre 1901 et 2018. Le rythme moyen d'élévation du niveau de la mer à l'échelle planétaire était :

    - de 1,3 mm/an [fourchette comprise entre 0,6 mm/an et 2,1 mm/an] entre 1901 et 1971,
    - de 1,9 mm/an [fourchette comprise entre 0,8 mm/an et 2,9 mm/an] entre 1971 et 2006,
    - de 3,7 mm/an [fourchette comprise entre 3,2 mm/an et 4,2 mm/an] entre 2006 et 2018.

    Ainsi, le rythme d'élévation s'est considérablement accéléré entre la période 1971-2006 et la période 2006-2018. Il est très probable que l'influence humaine ait été le facteur principal de ces hausses depuis 1971 au moins.

- Le rythme d'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle planétaire depuis 1900 a été plus rapide que pendant n'importe quel siècle précédent depuis au moins les 3 000 dernières années. Les océans ont connu un réchauffement plus rapide au cours du siècle dernier que depuis la fin de la dernière déglaciation (il y a environ 11 000 ans).

- Le réchauffement du système climatique a conduit à une élévation du niveau moyen de la mer par la fonte des glaciers terrestres et par la dilatation thermique des océans en raison de leur réchauffement. Pendant la période 1971- 2018, la dilatation thermique a contribué à hauteur de 50% à l'élévation du niveau de la mer, alors que la fonte des glaciers y a contribué à hauteur de 22%, la fonte des calottes glaciaires à hauteur de 20% et les changements concernant le stockage des eaux continentales à hauteur de 8%. Le rythme de fonte des calottes glaciaires a augmenté d'un facteur 4 entre la période 1992-1999 et la période 2010-2019. La perte de la masse des glaciers et des calottes glaciaires a été le principal facteur ayant contribué à l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle planétaire pendant la période 2006-2018.

3.1.4 Les différents scénarios du GIEC (selon rapport AR6)

Les cinq scénarios utilisés dans le rapport du GIEC AR6 (paru en 2021) présentent les possibles évolutions du climat tout au long du XXIe siècle en fonction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et donc de l'évolution des sociétés humaines. L'utilisation de scénarios – qui sont des représentations plausibles d'un futur incertain- permet d'explorer différentes évolutions possibles des sociétés humaines et leur implication pour le climat. Le but de ces scénarios n'est

pas de prédire l'avenir – aucune probabilité n'est associée aux différents scénarios – mais de prendre en compte l'incertitude liée aux futures activités humaines et d'éclairer les décisions des Etats et plus largement des sociétés.

Ces cinq scénarios couvrent un large éventail de futurs plausibles pour les émissions de GES – allant d'un scénario dans lequel les émissions de CO2 diminuent drastiquement pour atteindre la neutralité carbone vers 2050 et sont négatives dans la deuxième moitié du siècle (SSP1-1.9) à un scénario dans lequel les émissions de CO2 continuent d'augmenter fortement jusqu'à être deux fois supérieures aux niveaux actuels en 2050 et plus de trois fois supérieures en 2100 (SSP5-8.5).

Source : I4CE Institut de l'économie pour le climat ***[L305]***

Si 9 scénarios de type SSPx-y ont été évalués, le rapport du WGI se concentre sur 5 scénarios centraux (core scenarios) qui sont les suivants : SSP5-8.5 ; SSP3-7.0 ; SSP2-4.5 ; SSP1-2.6 et SSP1-1.9. La figure suivante (extrait de SPM.4 p.17 du rapport intégral) présente les projections d'émissions de CO2 selon ces cinq scénarios, de 2015 à 2100 :

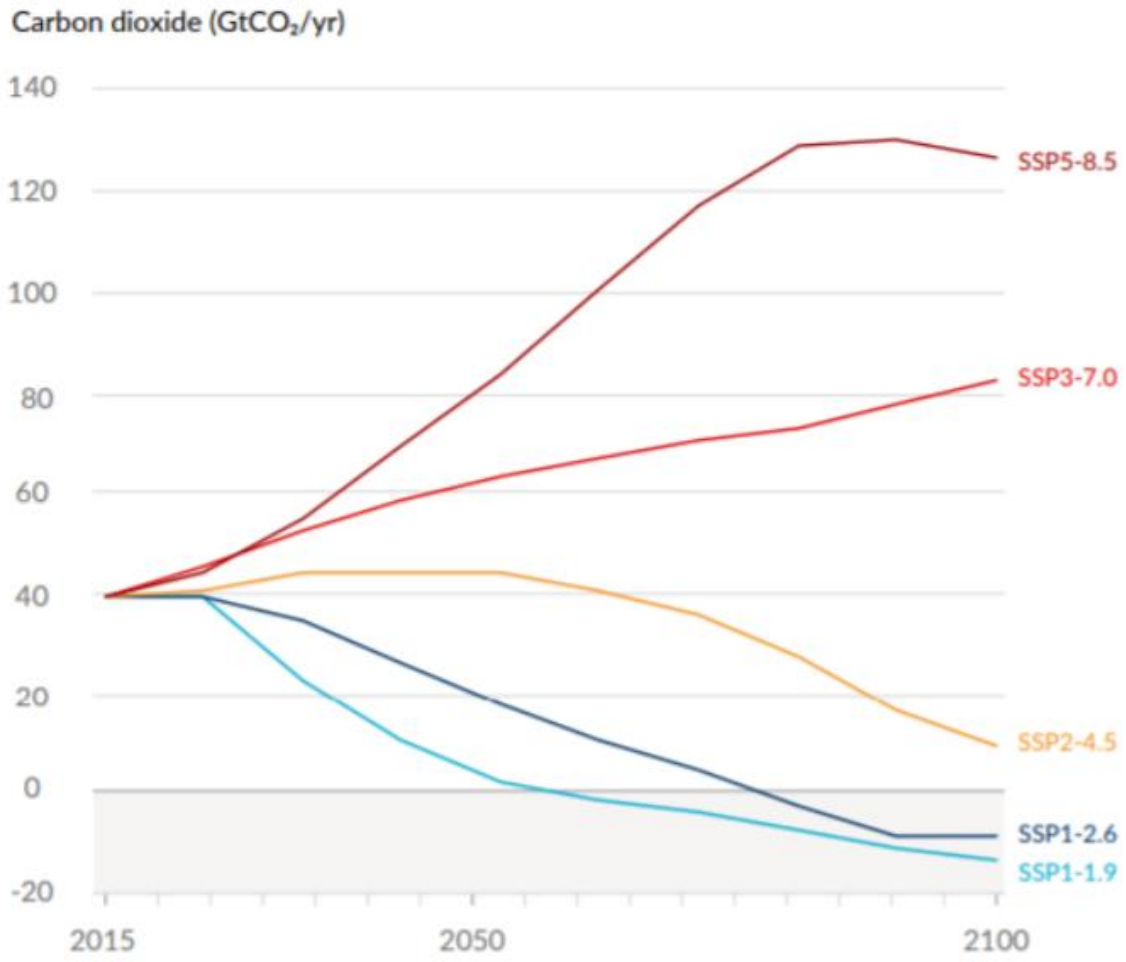


Figure 8 Emission de CO2 par scénario - Extrait du Résumé à l'intention des décideurs – 1er volume de l'AR6 – GIEC [L303]

Les cinq scénarios centraux du WGI de l'AR6 sont présentés ci-après dans le rapport du CITEPA **[L304]**, du plus optimiste ou plus pessimiste :

- **SSP1-1.9 [scénario +1,5°C – très forte baisse des émissions dès 2025]**. Ce scenario induit un niveau d'émissions de GES très faible en 2100, et un réchauffement d'environ +1,5°C à cette échéance. Il dessine une forte diminution des émissions dans les prochaines années et décennies pour atteindre zéro émission nette autour de 2050, c'est-à-dire en réalisant l'ambition affichée au niveau international par plusieurs pays (dont la France) : atteindre la neutralité carbone en 2050. Il diffère du scénario SSP1-2.6 par un niveau plus élevé d'émissions négatives (absorption de CO2 par les puits naturels et artificiels). Ce scénario a été sélectionné car il manquait, dans les RCP précédents, un scénario d'atténuation fort, cohérent avec l'objectif de limiter le réchauffement à +1,5°C, tel que fixé par l'Accord de Paris, objectif encore largement présent dans les négociations internationales malgré la faible probabilité de l'atteindre. Les indicateurs socio-économiques généraux connaissent une inflexion vers la transition écologique, l'investissement dans l'éducation et la santé, la baisse des inégalités.

- **SSP1-2.6 [scénario +2,0°C – baisse continue des émissions après 2025]**. Ce scénario induit un niveau d'émission de GES bas en 2100, et un réchauffement inférieur à +2,0°C à cette échéance. Complémentaire avec le scenario SSP1-1.9, il dessine aussi une trajectoire de forte réduction des émissions, mais avec un niveau d'émissions négatives moins important. La neutralité carbone serait atteinte entre 2050 et 2100. Ce scénario correspond à peu près au scénario RCP2.6 de l'AR5. Les indicateurs socio-économiques généraux connaissent la même inflexion que dans le scénario précédent.

- **SSP2-4.5 [scénario NDC - +3°C - pic des émissions vers 2030]**. Ce scénario induit un niveau d'émissions intermédiaire par rapport aux 5 scénarios centraux, et un réchauffement d'environ +2,7°C à +3,4°C, [soit autour de +3,0°C]. Les émissions de CO2 augmenteraient légèrement jusqu'environ 2030-2035, puis resteraient sur un plateau jusqu'à 2050 environ, avant de diminuer plus progressivement, sans toutefois atteindre zéro émission nette en 2100. Les facteurs socio-économiques poursuivent leur évolution tendancielle. Ce scénario correspond approximativement aux niveaux d'émissions attendus en 2030 par l'application des engagements inscrits dans les NDC des différentes Parties. Les nouvelles NDC soumises en 2020 ne changent pas fortement le niveau d'émissions attendue en 2030, mais davantage de pays se sont engagés sur l'horizon 2050 avec des objectifs de zéro émission nette à cette échéance plus lointaine. Ce scénario correspond à peu près au scénario RCP4.5 de l'AR5.

- **SSP3-7.0 [scénario de hausse forte des émissions]**. Ce scénario induit des émissions de GES en hausse, à peu près multipliées par deux entre les niveaux actuels et 2100, et un réchauffement de +3,6°C à cette échéance. Ce scénario a été choisi pour combler le manque de scénario avec des émissions de CO2 en hausse mais avec une réduction des émissions de polluants, notamment des aérosols ; et pour offrir un scénario sans politique climat additionnel alternatif au scénario SSP5-8.5. Ce scénario correspond à peu près à un entre-deux entre les scénarios RCP6.0 et RCP8.5 de l'AR5. Dans ce scénario, la compétition entre Etats, notamment pour la sécurité alimentaire, se renforce.

- **SSP5-8.5 [scénario de hausse très forte des émissions].** Ce scénario induit des émissions de GES en forte hausse, à peu près multipliées par deux entre les niveaux actuels et 2050 un réchauffement de +4,4°C à cette échéance. Ce scénario permet de dessiner une évolution sans politique climat internationale efficace. Ce scénario se rapproche du scénario RCP8.5 de l'AR5.

3.1.5 Elévation du niveau marin de 1900 à nos jours

Le dernier rapport du GIEC [**L303** – AR6) indique :

« Le niveau marin moyen (Global Mean Sea Level - GMSL) a augmenté de 0,20 [0,15 à 0,25] m entre 1901 et 2018, avec un taux d'élévation qui s'est accéléré depuis les années 1960 pour atteindre 3,7 [3,2 à 4,2] mm/an pour la période 2006-2018 (degré de confiance élevée).

Sur la période 1901-2018, un taux moyen de 1,7 [1,3 à 2,2] mm/an a été observé. De nouvelles analyses et de nouveaux éléments de preuve paléontologiques depuis le rapport AR5 du GIEC (paru en 2014) montrent que ce taux est très probablement plus rapide que pendant n'importe quel siècle au cours des trois derniers millénaires au moins (confiance élevée). […]

L'activité humaine a très probablement été le principal moteur de l'élévation observée du niveau marin moyen depuis 1970, et de nouvelles données d'observation conduisent à une évaluation niveau de la mer sur la période 1901 à 2018 qui est cohérente avec la somme des composantes individuelles contribuant à l'élévation du niveau de la mer, notamment l'expansion due au réchauffement des océans et la fonte des glaciers et des calottes glaciaires (confiance élevée) ».

3.1.6 Elévation du niveau marin dans les décennies à venir

Le dernier rapport du GIEC [**L303** – AR6) indique :

« Il est pratiquement certain que niveau marin moyen continuera à s'élever au cours du XXIe siècle en réponse au réchauffement continu du système climatique.

Le niveau de la mer réagit aux émissions de gaz à effet de serre plus lentement que la température de la surface du globe, ce qui entraîne une dépendance plus faible vis-à-vis des scénarios au cours du XXIe siècle que pour la température de la surface du globe (confiance élevée). Cette réaction lente conduit également à une élévation du niveau de la mer engagée à long terme, associée à l'absorption continue de chaleur par les océans et à l'ajustement lent des calottes glaciaires, qui se poursuivra au cours des siècles et des millénaires suivant l'arrêt des émissions (confiance élevée). […] »

Les projections d'élévation du niveau marin moyen mondial pour 5 scénarios SSP, par rapport à une base de référence de 1995-2014 sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Il signifie que par rapport à la période 1995-2014, il est probable que l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer d'ici 2100 soit estimée à (fourchettes probables entre parenthèses) :

- 38 cm (28 à 55 cm) dans le scénario de très faible hausse des émissions (SSP1-1.9),
- 44 cm (33 à 61 cm) dans le scénario de faible hausse des émissions (SSP1-2.6),
- 56 cm (44 à 76 cm) dans le scénario intermédiaire (SSP2-4.5),
- 68 cm (55 à 90 cm) dans le scénario de forte hausse des émissions (SSP3-7.0),
- 77 cm (63 à 102 cm) dans le scénario de très forte hausse des émissions (SSP5-8.5).

	SSP1-1.9	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Total (2030)	0.09 (0.08–0.12)	0.09 (0.08–0.12)	0.09 (0.08–0.12)	0.10 (0.08–0.12)	0.10 (0.09–0.12)
Total (2050)	0.18 (0.15–0.23)	0.19 (0.16–0.25)	0.20 (0.17–0.26)	0.22 (0.18–0.27)	0.23 (0.20–0.29)
Total (2090)	0.35 (0.26–0.49)	0.39 (0.30–0.54)	0.48 (0.38–0.65)	0.56 (0.46–0.74)	0.63 (0.52–0.83)
Total (2100)	**0.38 (0.28–0.55)**	**0.44 (0.32–0.62)**	**0.56 (0.44–0.76)**	**0.68 (0.55–0.90)**	**0.77 (0.63–1.01)**
Total (2150)	0.57 (0.37–0.86)	0.68 (0.46–0.99)	0.92 (0.66–1.33)	1.19 (0.89–1.65)	1.32 (0.98–1.88)

Figure 9 : Projections d'élévation du niveau marin mondial (fourchettes probables) pour 5 scénarios SSP par rapport à une base de référence de 1995-2014 ([L303 – AR6))

Le graphique ci-dessous présente à la fois l'élévation observée du niveau marin par rapport à l'année 1900 et les projections d'élévation en 2100 par rapport à la période 1995-2014 pour les différents scénarios (SSP5-8.5 ; SSP3-7.0 ; SSP2-4.5 ; SSP3-7.0 ; SSP5-8.5)

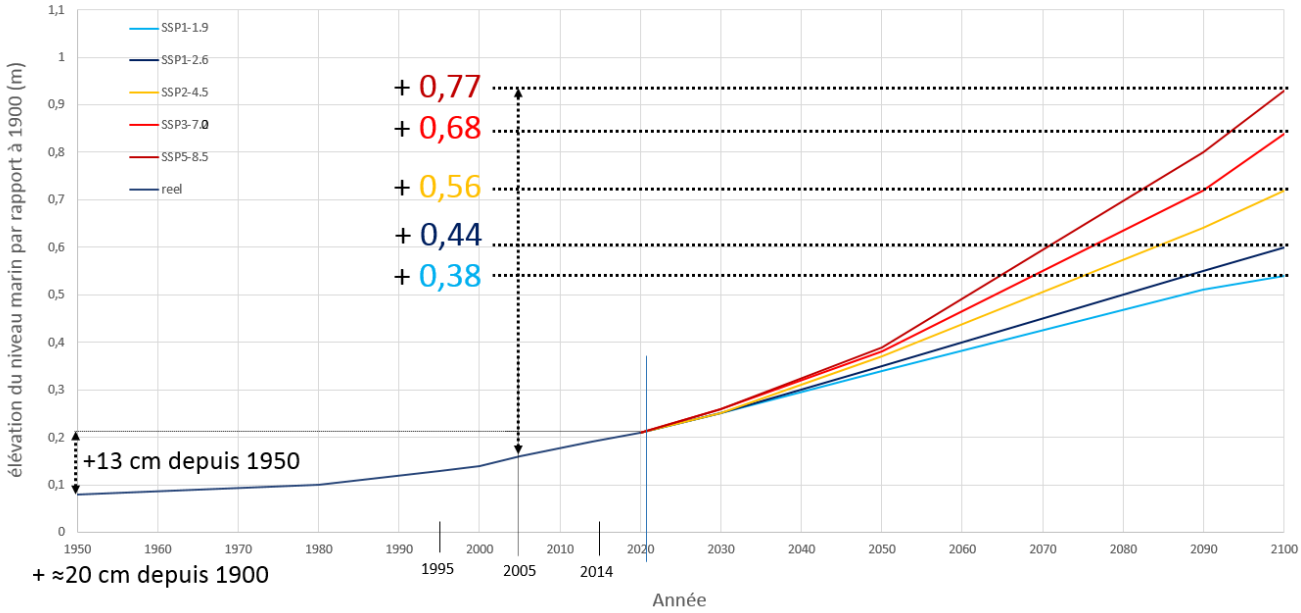


Figure 10 : Elévation du niveau marin par rapport à l'année 1900, et projections d'élévation en 2100, par rapport à la période 1995-2014 pour les différents scénarios (graphique Symadrem d'après données du GIEC)

En tenant compte d'une élévation de 6 cm de 2005 à 2021 (cf. § 3.2), il est probable que l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer de 2022 à 2100 soit estimée à (fourchettes probables entre parenthèses) :

- 32 cm dans le scénario de très faible hausse des émissions (SSP1-1.9),
- 38 cm dans le scénario de faible hausse des émissions (SSP1-2.6),
- 50 cm dans le scénario intermédiaire (SSP2-4.5),
- 62 cm dans le scénario de forte hausse des émissions (SSP3-7.0),
- 71 cm dans le scénario de très forte hausse des émissions (SSP5-8.5).

Ce qui donnerait le schéma de représentation suivant :

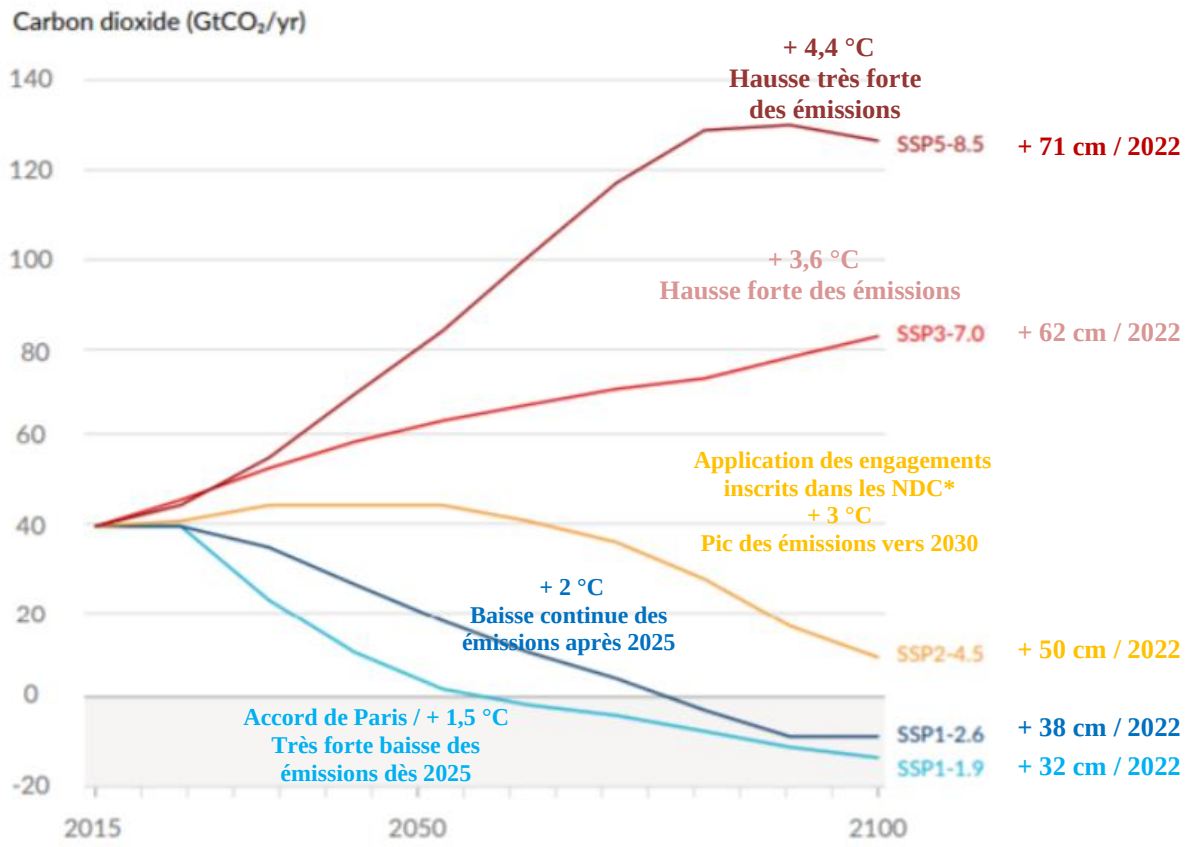


Figure 11 : Emission de CO2 et augmentation associée du niveau de la mer, de 2022 à 2100 réalisé à partir du GIEC, 1er volume de l'AR6 [L303]

* *NDC : les contributions déterminées au niveau national (CDN ; en anglais Nationally Determined Contributions ou NDC) sont des plans nationaux non contraignants mettant en évidence les actions climatiques, les politiques et les mesures que les gouvernements visent à mettre en œuvre en réponse au changement climatique.*

3.1.7 Phénomènes non pris en compte

Le dernier rapport du GIEC [**L303** – AR6] indique :

« Il est important de noter que les projections de la fourchette probable n'incluent pas les processus liés à l'inlandsis [un inlandsis est un glacier de très grande étendue se présentant sous la forme d'une nappe de glace recouvrant la terre ferme et qui peut atteindre plusieurs milliers de mètres d'épaisseur. Il peut se prolonger à la surface de la mer en formant des barrières de glace. Sur Terre, il n'en existe que deux de nos jours : l'inlandsis de l'Antarctique, le plus étendu, et l'inlandsis du Groenland] dont la quantification est très incertaine ou qui sont caractérisés par une profonde incertitude.
Une augmentation plus importante du niveau marin avant 2100 pourrait être causée par un effondrement plus précoce que prévu des calottes de glace marine, par l'apparition abrupte et généralisée de **l'instabilité de la calotte marine** (MISI) et de **l'instabilité des falaises de glace marine** (MICI) autour de l'Antarctique, et par des changements plus rapides que prévu dans le bilan massique de surface et la perte de glace dynamique du Groenland.

Dans un scénario à faible probabilité et à fort impact et dans un scénario à fortes émissions de CO2, ces processus pourraient, en combinaison, contribuer à une élévation supplémentaire du niveau de la mer de plus d'un mètre d'ici 2100 ».

	SSP5-8.5	SSP5-8.5 *Low Confidence*
Total (2030)	0.10 (0.09–0.12)	0.10 (0.09–0.15)
Total (2050)	0.23 (0.20–0.29)	0.24 (0.20–0.40)
Total (2090)	0.63 (0.52–0.83)	0.71 (0.52–1.30)
Total (2100)	**0.77 (0.63–1.01)**	**0.88 (0.63–1.60)**
Total (2150)	1.32 (0.98–1.88)	1.98 (0.98–4.82)

Figure 12 : Extrait du tableau des projections d'élévation du niveau marin moyen mondial (fourchettes probables) pour SSP5-8.5, par rapport à une base de référence de 1995-2014.

3.1.8 Elévation du niveau marin au-delà de 2100

Le dernier rapport du GIEC [**L303** – AR6] indique :

« Au-delà de 2100, le niveau marin moyen continuera d'augmenter pendant des siècles à des millénaires en raison de la poursuite de l'absorption de chaleur par les océans profonds et de la perte de masse des calottes glaciaires, et restera élevé pendant des milliers d'années (confiance élevée) […].

D'ici 2300, le niveau marin moyen augmentera de 0,3 à 3,1 m en cas de faibles émissions de CO2 (SSP1-2,6) (confiance faible). Dans le cas d'émissions élevées de CO2 (SSP5-8.5), l'augmentation prévue du niveau marin moyen se situe entre 1,7 et 6,8 m d'ici 2300, en l'absence de MICI (l'instabilité des falaises de glace marine), et jusqu'à 16 m en tenant compte du MICI (confiance faible).

Sur 2000 ans [c'est-à-dire en l'an 4000 environ] il y a un accord moyen et des preuves limitées que l'augmentation engagée du niveau marin moyen est projetée à environ :

- 2-3 m avec un pic de réchauffement de 1,5°C,
- 2-6 m avec un pic de réchauffement de 2°C,
- 4-10 m avec un pic de réchauffement de 3°C,
- 12-16 m avec un pic de réchauffement de 4°C,
- 19-22 m avec un pic de réchauffement de 5°C. »

3.1.9 Modifications des hauteurs significatives des vagues

Le rapport spécial du GIEC sur les océans et la cryosphère dans le contexte du changement climatique, dit SROCC, paru en 2019 **[L302]** indique que :

- Sur les données observées : la puissance globale des vagues a augmenté au cours des six dernières décennies, avec des fortes disparités selon les océans, et des corrélations à long terme avec la température de surface de la mer (faible confiance) ;
- Sur les données projetées : confiance élevée dans la diminution prévue de la hauteur significative des vagues dans l'Atlantique Nord et la Méditerranée.

3.1.10 Bilan

Le niveau marin moyen mondial a augmenté de 0,20 [0,15 à 0,25] m entre 1901 et 2018 (confiance élevée).

La stratégie de protection contre le submersion marine et de gestion du trait de côte sur le Grand Delta du Rhône se concentrera sur les trois scénarios suivants du GIEC :

- **SSP1-2.6** : scénario de développement durable
- **SSP2-4.5** : scénario intermédiaire
- **SSP5-8.5** : développement basé sur les énergies fossiles »

Et les trois horizons temporels suivants, qualifiés respectivement de :

- court terme : horizon 2030,
- moyen terme : horizon 2050,
- long terme : horizon 2100.

Les projections d'élévation du niveau marin moyen mondial (fourchettes probables) aux trois horizons temporels retenus et pour les trois scénarios retenus, par rapport à une base de référence sur la période 1995-2014, sont les suivants :

Tableau 10 : Projections d'élévation du niveau marin moyen mondial (fourchettes probables) par rapport à une base de référence de 1995-2014

Horizon temporel	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2030	0.09 (0.08-0.12)	0.09 (0.08-0.12)	0.10 (0.09-0.12)
2050	0.19 (0.16-0.25)	0.21 (0.18-0.26)	0.23 (0.20-0.30)
2100	0.44 (0.33-0.61)	0.56 (0.44-0.76)	0.77 (0.63-1.02)

On retiendra que, quel que soit le scénario (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5), les projections pour 2030 et 2050 sont proches, respectivement +10 cm et + 21 cm environ par rapport à la période 1995-2014. En revanche, pour 2100 les projections varient fortement en fonction du scénario.

Tableau 11 : Projections d'élévation du niveau marin moyen mondial – en mètre – fourchettes probables, par rapport à 2021

Horizon temporel	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2030	0.03	0.03	0.04
2050	0.13	0.15	0.17
2100	0.38	0.50	0.71

Il n'est pas prévu, dans le cadre de l'élaboration de la stratégie littorale du Grand Delta du Rhône, d'étudier de situation au-delà de 2100.

3.2 ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER DEJA EFFECTIVE SUR LE GRAND DELTA DU RHONE

La Réserve de Camargue a fourni au Symadrem les données mesurées par la sonde de niveau située au niveau du pertuis de la Fourcade, côté mer.
Les données fournies couvrent la période de 01/01/2001 au 31/12/2019, soit 19 ans de données.

L'analyse des données a montré une hausse moyenne du niveau marin de 7 cm sur cette période, soit une vitesse d'élévation moyenne de 3,7 mm/an. Cf § 7.1.

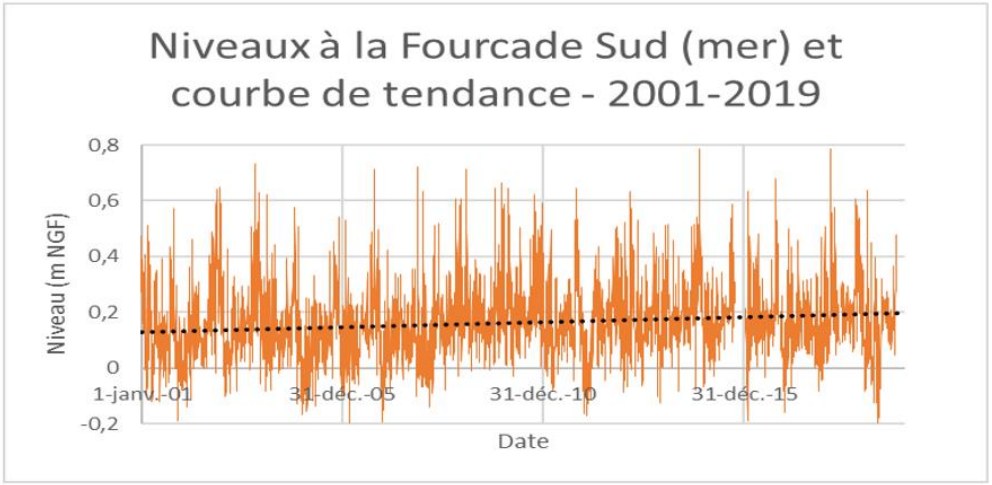


Figure 13 : Graphique des niveaux moyens journaliers mesurés au pertuis de la Fourcade et courbe de tendance – d'après données SNPN Réserve de Camargue

3.3 PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE NIVEAU MARIN, SELON LES RECOMMANDATIONS NATIONALES

3.3.1 Le guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Littoraux »

La prise en compte du changement climatique dans le niveau marin dans les Plan de Prévention des Risques Littoraux est définie dans un guide méthodologique paru en 2014 **[L200]**. Elle est détaillée ci-dessous :

« Prise en compte du changement climatique dans le niveau marin :

[…]. Le PPRL doit comprendre deux cartes d'aléa submersion marine distinctes, l'aléa de référence du PPRL et un aléa à échéance 100 ans. **Les événements retenus pour la détermination de l'aléa de référence, aléa à court terme, intègrent au niveau moyen de la mer une marge d'élévation du niveau de la mer de 20 cm. Pour la détermination de l'aléa à échéance 100 ans, l'hypothèse retenue est celle d'une augmentation du niveau moyen de la mer, égale à 60 cm dont 20 cm sont déjà intégrés au niveau d'eau de l'événement de référence**.

Il s'agit ici d'une position de base qui peut, si besoin, être affinée par des études locales plus précises permettant d'évaluer l'impact local du changement climatique, notamment en outre-mer. Les variations altimétriques de la croûte terrestre (subsidence/surrection) peuvent également être prises en compte dans le scénario à échéance 100 ans si leur ampleur le nécessite. A ce jour, les valeurs d'élévation du niveau moyen de la mer correspondent aux prévisions du GIEC, reprises par l'ONERC. Ces hypothèses de prise en compte du changement climatique seront donc évolutives en fonction de l'avancée des travaux scientifiques en la matière afin de retenir les dernières données disponibles arrêtées par le ministère.

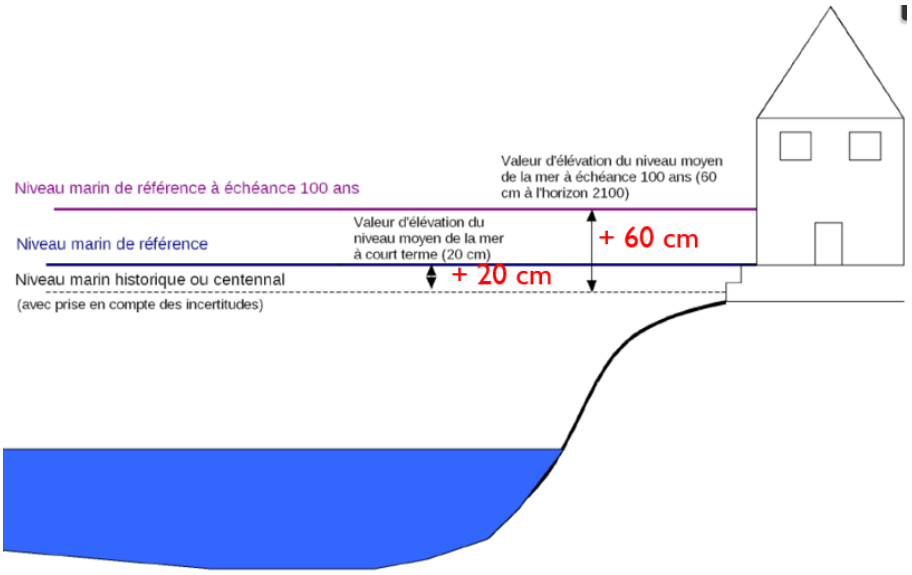


Figure 14 : principe de cartographie des zones soumises à la submersion marine dans les Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL)

Prise en compte des incertitudes dans le niveau marin :

De nombreuses incertitudes concernent l'événement de référence […]. Si les incertitudes de certaines méthodes ou données apparaissent trop fortes, ces données peuvent être écartées. Les incertitudes sont à évaluer et à prendre en compte dans l'estimation du niveau marin de référence. Dans le cas où cette estimation n'est pas possible, une marge de 25 cm est rajoutée au niveau marin de référence (pour un événement théorique centennal de même que pour un événement historique). D'une manière générale, en dehors des incertitudes liées au niveau marin de référence, les incertitudes qui pèsent sur chacune des hypothèses prises dans l'ensemble de la démarche doivent être qualifiées et quantifiées si possible. »

3.3.2 Décret et arrêté PPRI du 5 juillet 2019

La marge supplémentaire prévue à l'article R. 562-11-5 du code de l'environnement, intégrée afin de tenir compte de l'élévation du niveau moyen de la mer, est fixée à au moins quarante centimètres.

3.3.3 La prise en compte du guide PPRL dans l'étude du BRGM

Le BRGM a réalisé une modélisation de la submersion marine en Camargue **[L002]** et **[L003]**.
Les données de niveaux d'eau utilisées dans ces études sont les données du marégraphe du Grau de la Dent sur les périodes 1960 – 1983 et 1986 – 1995, soit 32,6 années de données.

Le rapport indique, au sujet des niveaux d'eau (**[L002] -** RP-66804 p38) *:*

« Différents jeux de données de niveau d'eau nous ont été fournis par le CEREMA sur le littoral camarguais. Parmi ces jeux, seul celui du marégraphe du Grau de la Dent est exploitable à des fins d'analyse statistique.

Il s'agit en effet de la seule série disposant de plus de 10 ans d'observations cumulées (32.6 ans exactement). Le rapport du CETE de 2007 précise d'ailleurs que pour estimer des niveaux extrêmes (centennaux par exemple) sur le littoral camarguais, il est nécessaire de travailler sur la série du Grau de la Dent sous forme horaire (CETE,2007).

La série marégraphique disponible présente deux périodes disjointes de 1960 à 1983 et 1986 à 1995 (CETE, 2010). Cette série présente deux niveaux de référence différents entre la première et la deuxième période. Le CETE Méditerranée a procédé au recalage de la série avec un bon degré de confiance sur la période 1986-1995. La période antérieure est plus délicate à caler avec une possible sous-estimation des niveaux extrêmes liée à l'envasement du marégraphe (CETE,2010)

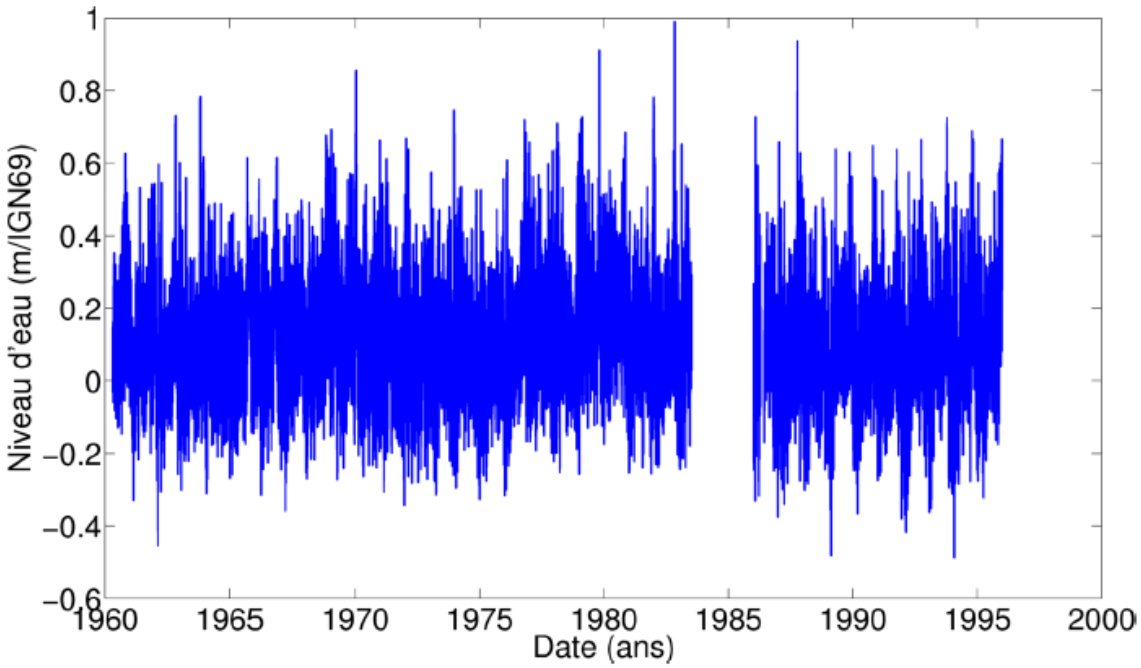


Figure 15 : Série temporelle brute issues de la numérisation des marégrammes du Grau de la Dent.

La série affichée correspond à la moyenne journalière du signal papier numérisé.

[…] Au total, les données représentent un peu plus de 32.6 années effectives. »

Au sujet de l'analyse de ces données de niveaux le rapport indique (**[L002]** -RP-66804 p40) :

« Pour pouvoir utiliser les données de niveau d'eau SWL, il est nécessaire d'éliminer la tendance linéaire long-terme d'augmentation du niveau de la mer. La série a donc tout d'abord été modifiée pour prendre en compte l'élévation du niveau moyen de la mer au cours du temps. Comme indiqué dans le rapport du CETE (2010), il convient de traiter séparément les deux périodes de la série temporelle, i.e. de 1960 à 1983 et de 1986 à 1995. La tendance linéaire sur chaque période a été retirée des données puis la série a été calée sur un niveau moyen de référence. Le niveau moyen de la dernière année hydrologique enregistrée (1er août 1994 – 31 juillet 1995) est de +0.098 m NGF. On pourrait recaler la série par rapport à ce niveau moyen, mais il n'est probablement plus d'actualité en 2015. Il a donc été décidé de rattacher la série au niveau moyen officiel le plus proche du site d'étude, à savoir celui calculé par le SHOM au marégraphe de Fos-sur-Mer : + 0.136 m NGF (SHOM, 2014) ».

Conformément au Guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Littoraux » **[L200]**, le BRGM a :

- appliqué une marge de + 0.25 m sur les niveaux d'eau de référence, liée à « l'analyse des incertitudes sur les données topographiques et hydrodynamiques utilisées, et également des intervalles de confiance liés aux méthodes probabilistes employées » (**[L002]** - RP-66804 p 161*) ;*
- pris en compte une élévation du niveau marin de +20 cm pour les évènements d'occurrence fréquente, moyenne et extrême pour l'échéance actuelle
- pris en compte une élévation du niveau marin + 60 cm en 2100.

Notons que l'incertitude de +25 cm n'a pas été retenue dans l'étude complémentaire réalisée par le BRGM pour le Symadrem. En effet, cette incertitude correspond à une variation d'environ un log sur les périodes de retour (voir Figure 21) qui s'ajoute à la valeur de 20 cm pour la prise en compte de l'amorce de la montée des eaux (voir § 3.3.1), ce qui correspond également à une variation d'environ un log. Ainsi, le cumul de ces deux valeurs transforme, en état actuel, la tempête centennale en une tempête annuelle. Cette approche conduit à qualifier la période de retour de la tempête de 2014 d'inférieur à 10 ans et à considérer une inondation par submersion de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer pour des situations fréquentes (T = 10 ans), ce qui ne correspond pas aux faits observés ces dernières décennies.

3.4 COMPARAISON GRAPHIQUE DES PREVISIONS D'ELEVATION DU NIVEAU MARIN SELON LE GIEC AVEC LE GUIDE PPRL

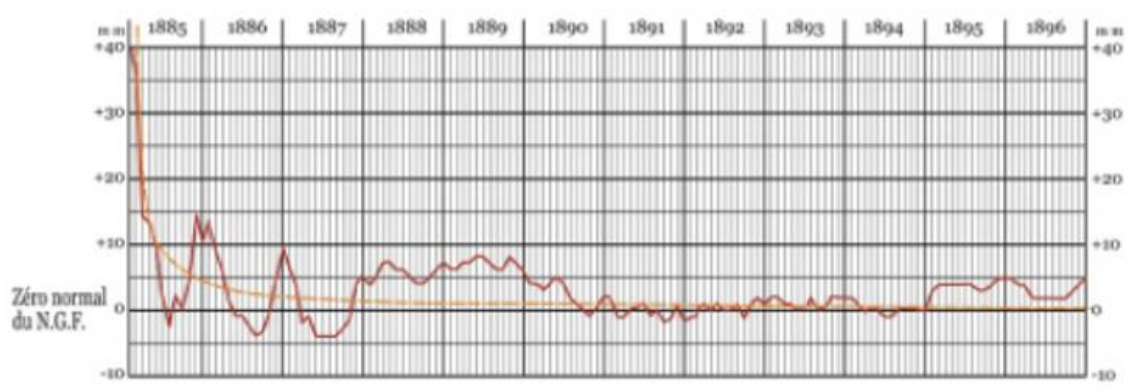
L'étude de modélisation de la submersion marine en Camargue réalisée par le BRGM, est une des principales données d'entrée utilisée pour l'élaboration de la stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône. Comme expliqué dans les paragraphes précédents, les prévisions d'élévation du niveau marin dans l'étude du BRGM sont conformes aux préconisations du guide PPRL de 2014. Depuis cette date, plusieurs rapports du GIEC, avec des prévisions d'élévation à l'échelle mondiale, ont été publiés. L'objectifs de ce paragraphe est de comparer ces deux sources de données de prévisions d'élévation du niveau marin. Le graphique est présenté à la figure Figure 17.

Les prévisions d'élévation du niveau marin du GIEC sont données par rapport à la moyenne de la période (1995-2014).

La série du Grau de la Dent est rattachée au niveau moyen calculé par le SHOM au marégraphe de Fos-sur-Mer : + 0.136 m NGF (SHOM, 2014) (**[L002]** - RP-66804 p40).

Nous prenons comme hypothèse que le niveau en 1900 était de 0 m NGF en France.

L'article « Le marégraphe de Marseille : mesure, patrimoine, climat » **[L201]** indique : « Les ingénieurs du Service du nivellement général de la France calculent des moyennes mensuelles du niveau de la mer mesuré par le marégraphe totaliseur [de Marseille]. […] En 1897, ils choisissent comme zéro du nivellement général de la France l'asymptote horizontale de cette hyperbole, vers laquelle le niveau semble tendre de plus en plus ».



En rouge : variation du niveau moyen de la mer, depuis le 3 février 1885 jusqu'au 1er janvier 1897
En jaune : hyperbole équilatère dessinée par les ingénieurs du NGF.

Figure 16 : Fixation du zéro des altitudes françaises continentales [L201]

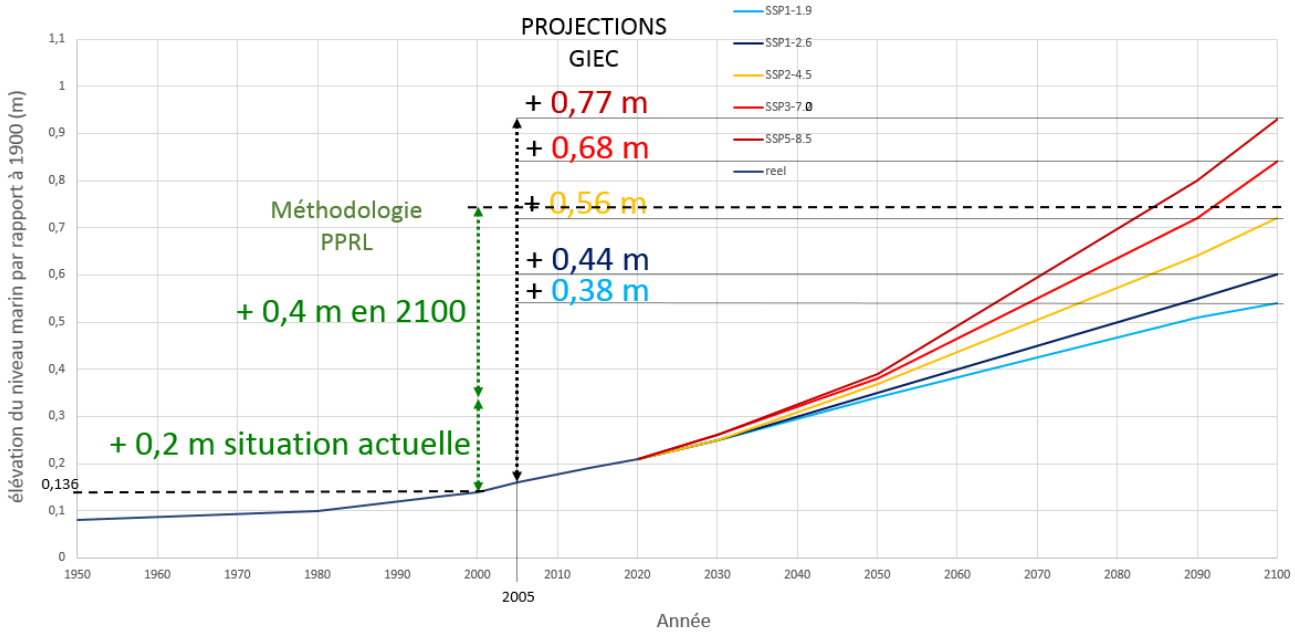


Figure 17 : Elévation du niveau marin par rapport à 1900, projections d'élévation selon le GIEC, et élévation prise en compte dans le guide PPRL

Les fourchettes probables pour chaque scénario sont indiquées dans le tableau de la Figure 9.

On remarque que l'application de + 20 cm « état actuel » est plutôt pessimiste, puisqu'elle nous amène plutôt à un niveau qui sera atteint sur la période (2040-2050), comme le montre le graphique suivant. Mais il peut être interprété comme une projection sur la fréquence de mise à jour des PPRI de 20 à 30 ans. Dans cette hypothèse, l'application de + 20 cm semblerait cohérent avec les tendances d'élévation du niveau marin.

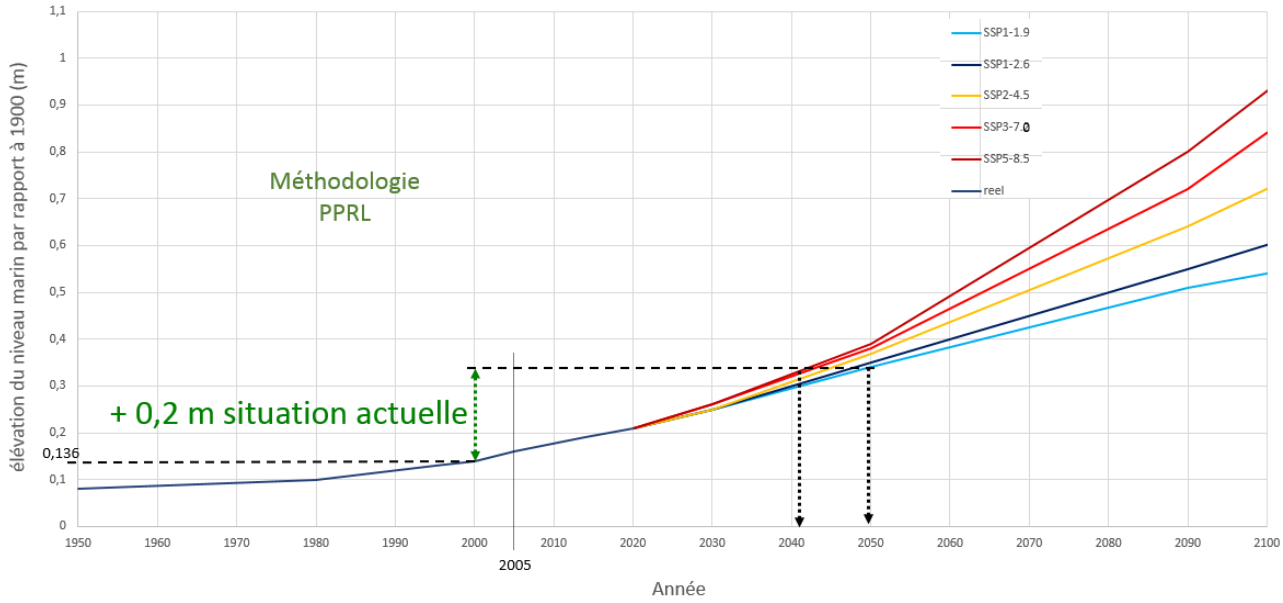


Figure 18 : Elévation du niveau marin par rapport à 1900 et élévation prise en compte en situation actuelle dans le guide PPRL

On remarque que l'application de + 60 cm (+20 cm + 40 cm) à horizon 2100 correspond à une hypothèse moyenne selon le GIEC, comme le montre le graphique suivant :

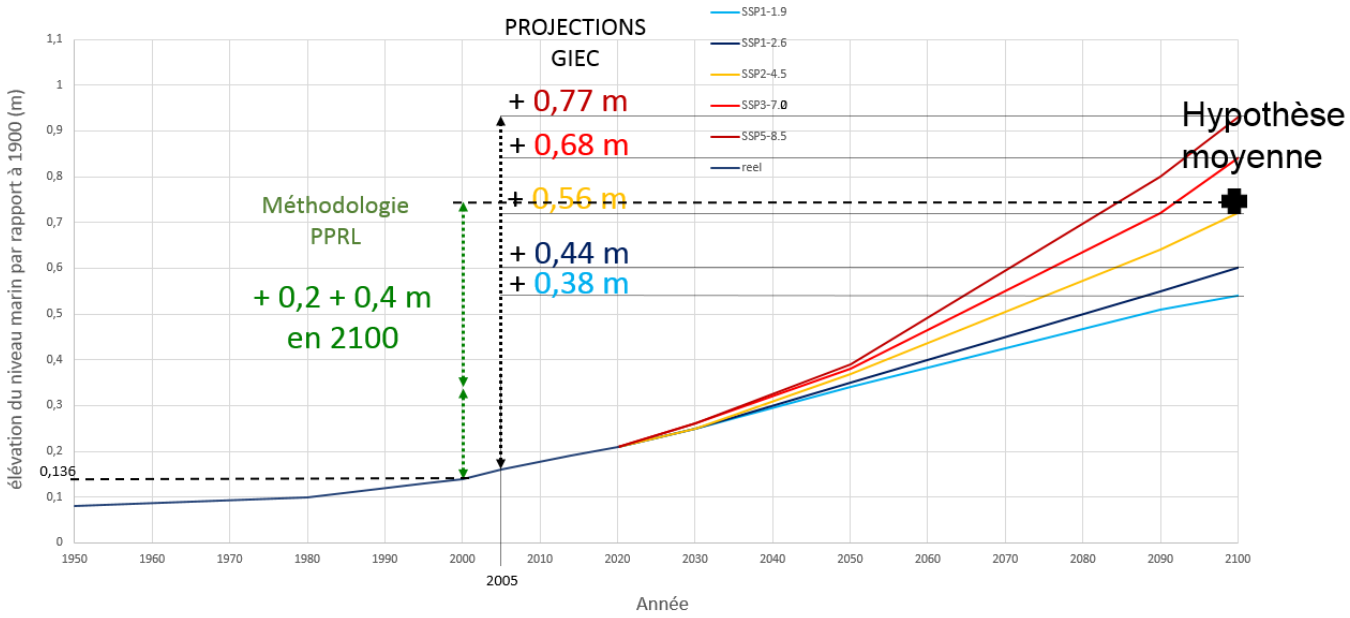


Figure 19 : Elévation du niveau marin par rapport à 1900, projection d'élévation selon le GIEC et élévation prise en compte en 2100 dans le guide PPRL

3.5 DEFINITION DES TEMPETES EN CAMARGUE

Les paramètres SWL (surface water level) et Hs (hauteur spécifique des vagues) des tempêtes étudiées par le BRGM dans le cadre de l'étude réalisée pour le SYMADREM **[L003]** sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Scénario	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Période de retour	10	30	100	1000	100	1000	100	Nov 2014
Prise en compte de l'élévation du niveau marin	+ 20 cm	+ 20 cm	+ 20 cm	+ 20 cm	+ 60 cm	+ 60 cm	+ 60 cm	-
Situation	actuelle	actuelle	actuelle	actuelle	2100	2100	2100	-
SWL - Niveau en m NGF *sans prise en compte de l'élévation du niveau marin*	0,86	0,97	1,10	1,35	1,10	1,35	1,10	-
SWL - Niveau en m NGF *avec prise en compte de l'élévation du niveau marin*	1,06	1,17	1,30	1,55	1,70	1,95	1,95 *(prise en compte incertitude + 25 cm)*	0,97
Hs - Hauteur spécifique des vagues – en m	4,70	5,09	5,33	8,75	5,33	8,75	5,33	4,04
Choix du couple (Hs, SWL) définissant la tempête	Point d'inflexion de la courbe privilégiant l'intensité des hauteurs de vagues par rapport au niveau marin	Point d'inflexion de la courbe privilégiant l'intensité des hauteurs de vagues par rapport au niveau marin	Combinaison hauteur de vague/niveau la plus impactante sur la submersion (sur 7 combinaisons modélisées)	Analyse statistique des variables Hs et SWL prise de manière indépendante	Combinaison hauteur de vague/niveau la plus impactante sur la submersion (sur 7 combinaisons modélisées	Analyse statistique des variables Hs et SWL prise de manière indépendante	Combinaison hauteur de vague/niveau la plus impactante sur la submersion (sur 7 combinaisons modélisées)	-

Tableau 12 : Principaux paramètres des tempêtes modélisées par le BRGM pour le SYMADREM

Plusieurs états ont été modélisés, leur définition est la suivante :

- Etat A : état actuel des digues, sans brèche dans le système ;
- Etat B : état actuel des digues, avec brèches dans le système ;

- Etat C : Prises en compte de la digue de second rang au sud de Salin-de-Giraud (ce tracé de digue a été abandonné en 2019), d'une remise à la cote de la digue à la mer à 1,5 m NGF et du projet de renforcements des digues du Grand Rhône aval.

Les modélisations réalisées par le BRGM pour le Symadrem sont les suivantes :

Qualifi-cation	Etude SYMADREM	Décennale	Trentennale	Centennale	Exceptionnelle	Centennale 2100	Exceptionnelle 2100	Aléa PPRI	Tempête 2014
	N°	1	2	3	4	5	6	7	8
	CFBR	Rare	Rare	Rare	Exceptionnelle	Rare 2100	Exceptionnelle	Rare	
	T (ans)	10	30	100	1000	100	1000	100	
État d'aménagement A : Digues en l'état actuel		1A	2A	3A	4A				8A
État d'aménagement B : Digues en l'état actuel avec brèches			2B	3B	4B				
État d'aménagement C: Digues en état aménagé		1C	2C	3C	4C	5C	6C1	7C	
							6C2 avec données topographiques issues de cabinet de géomètre		

Figure 20 : Synthèse des simulations réalisées par le BRGM pour le Symadrem

Les cartographies des niveaux d'eau pour les tempêtes modélisées sont présentées en Figure 22 (hors scénario 8).

Notons que, contrairement au travail de modélisation réalisé pour la DDTM13 **[L002]**, le travail réalisé pour le Symadrem **[L003]** :

- ne prend pas en compte l'incertitude de +25 cm liée à la topographie, ainsi qu'à la difficulté à déterminer précisément les incertitudes sur les niveaux et les vagues ;
- ne retient pas les bornes supérieures des intervalles de confiance à 70 % pour le choix des valeurs SWL et Hs de la tempête millénale.

Ces paramètres de tempêtes ont été définie après une analyse bivariée permettant d'estimer la probabilité conjointes des évènements extrêmes. Les contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint sont présentés sur la figure ci-dessous :

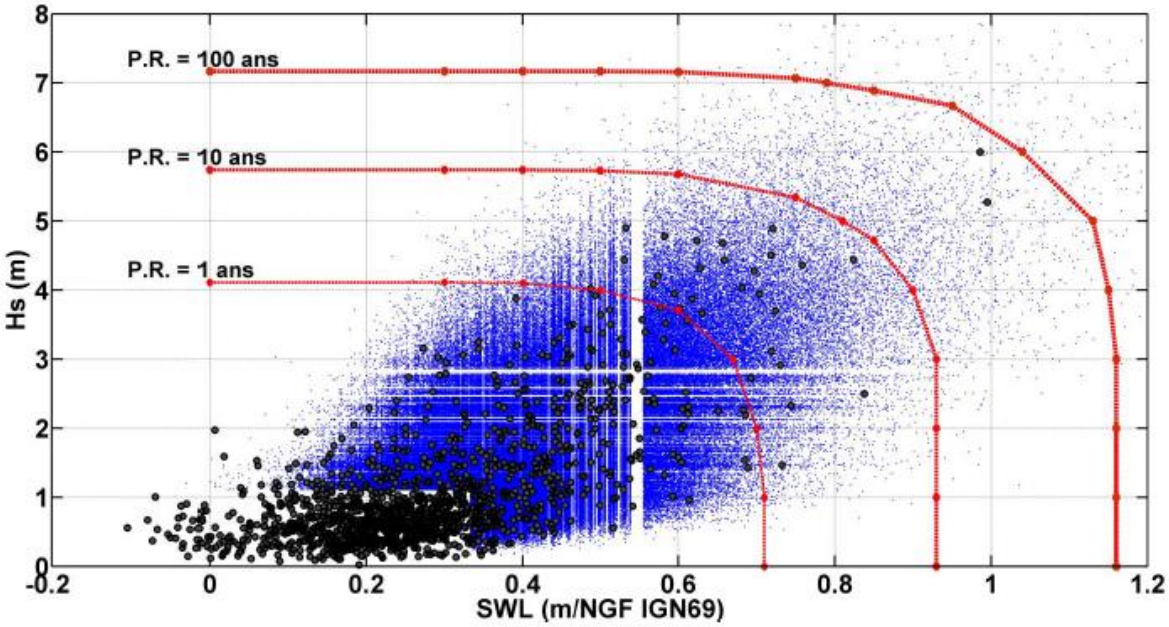
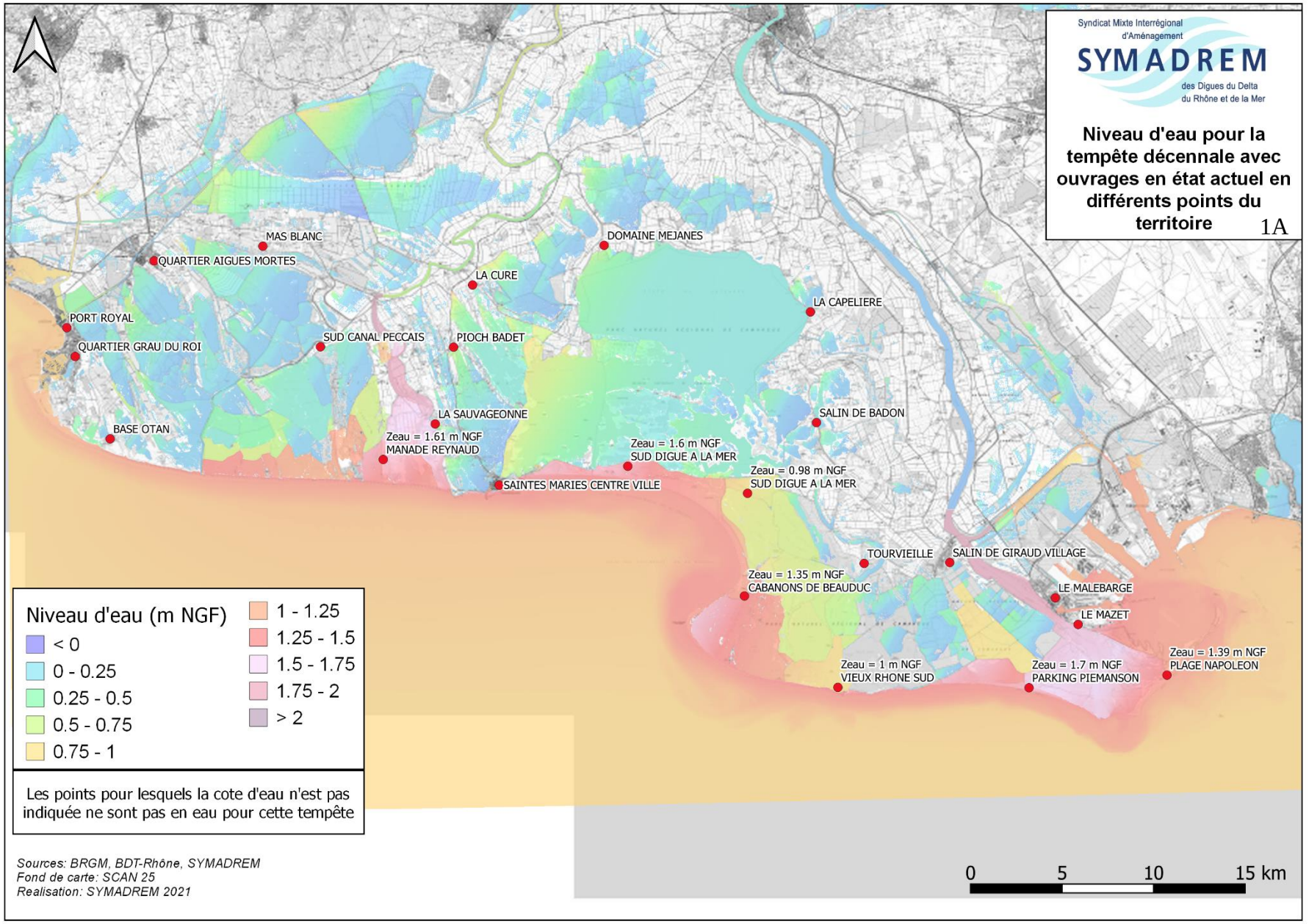
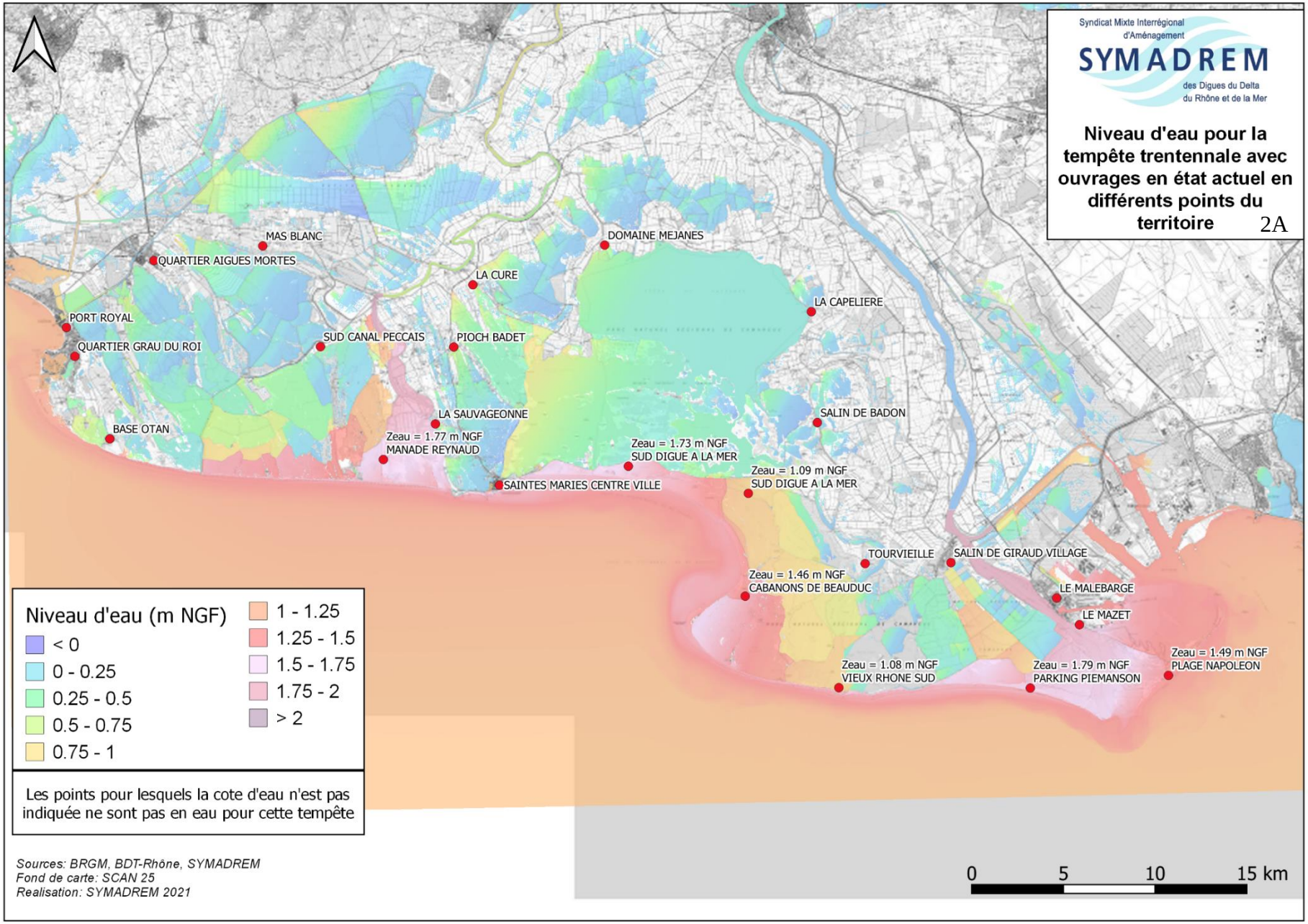


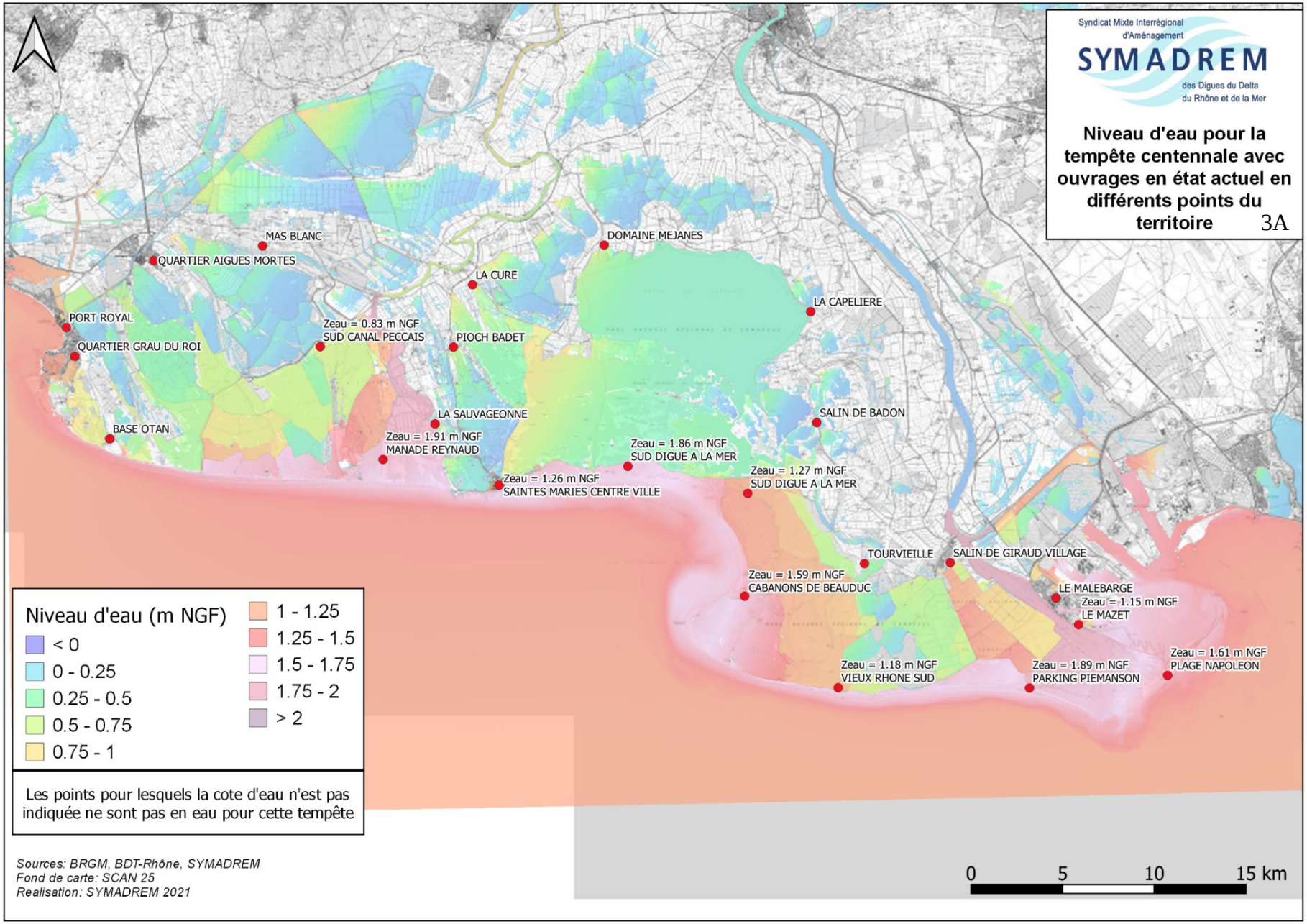
Figure 21 : Contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint pour les valeurs 1 an, 10 ans et 100 ans (courbes rouges) [L202]

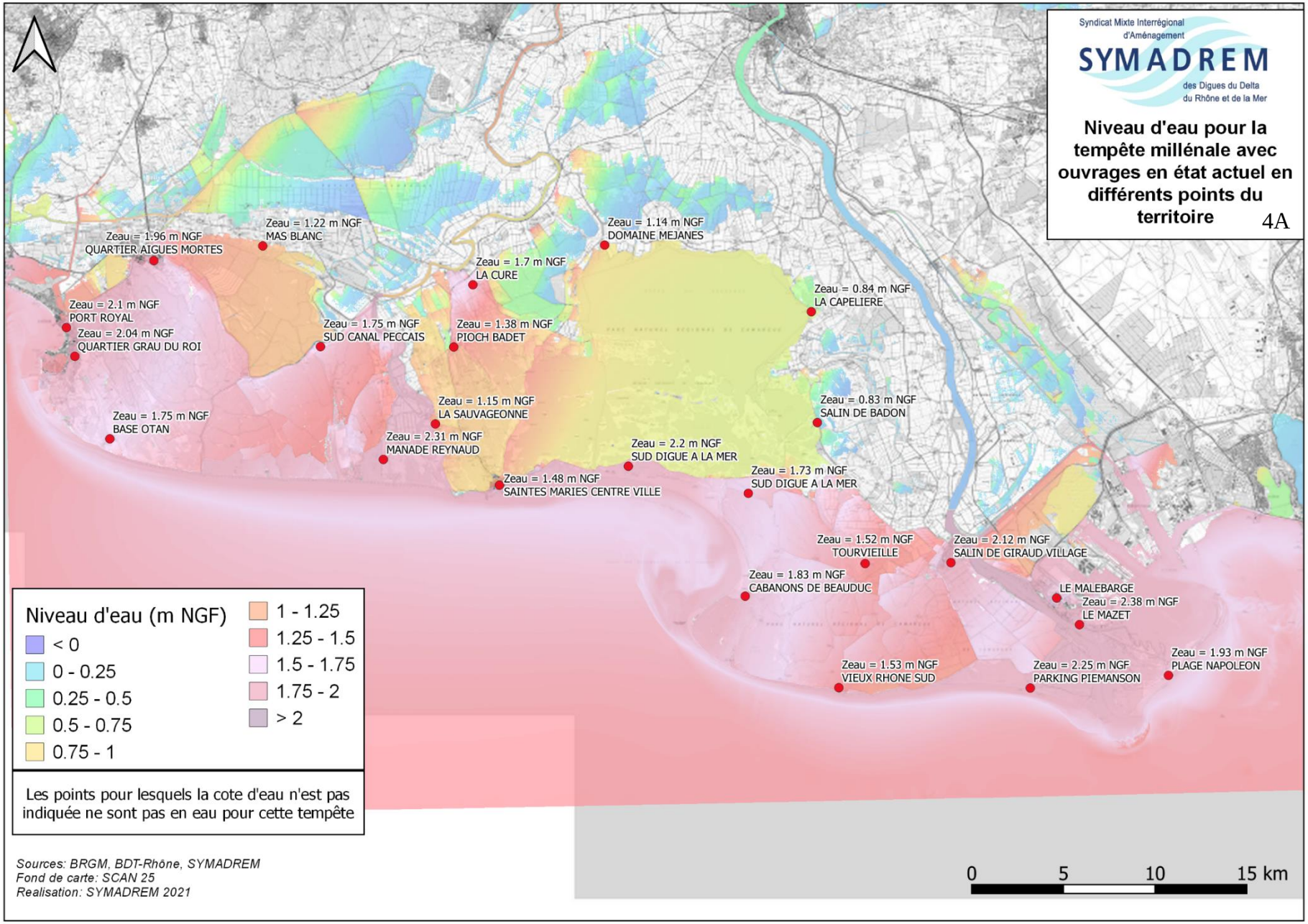
Les points noirs représentent les données initiales (après sélection des évènements indépendants).

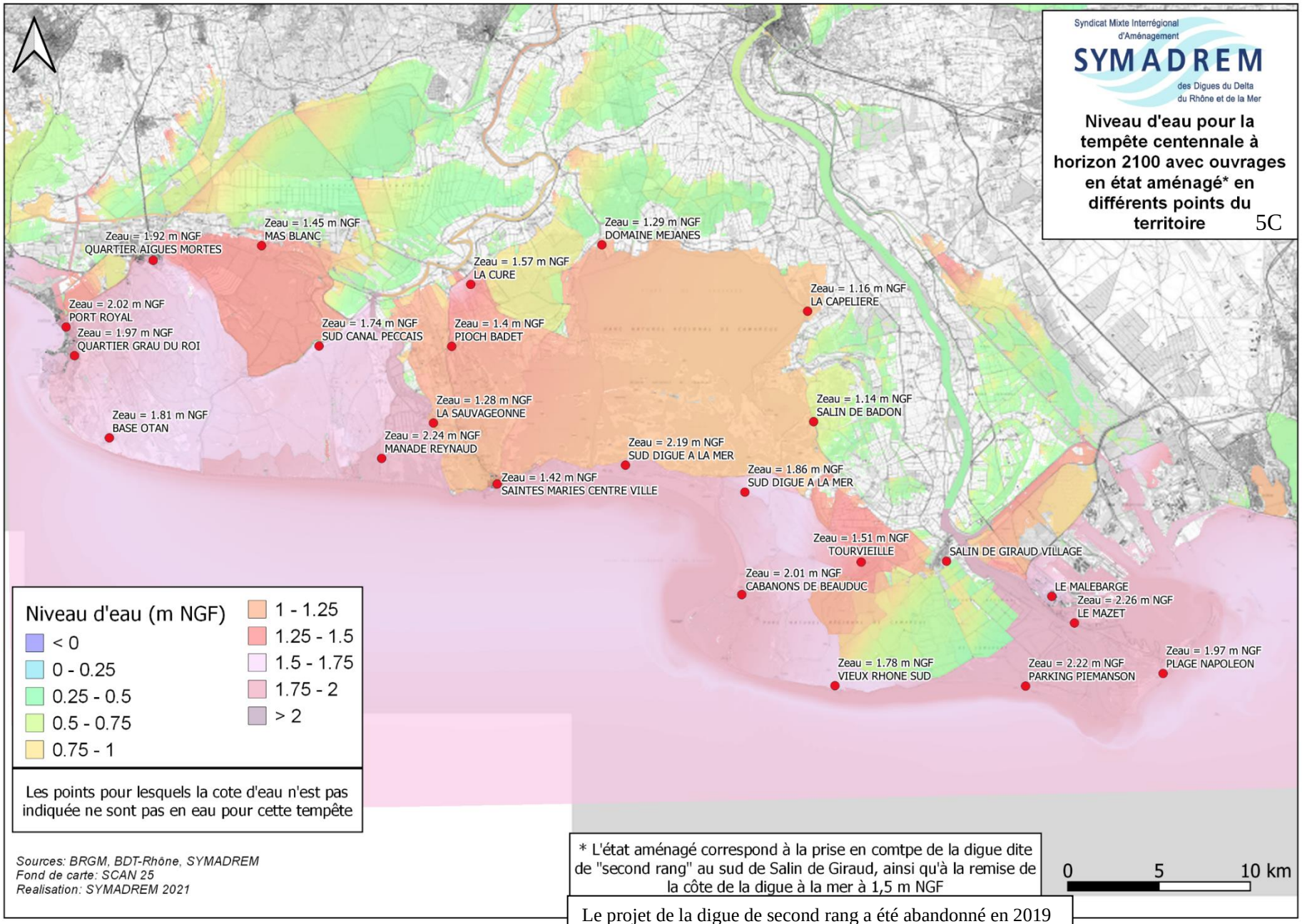
Les points bleus représentent les données simulées par la méthode Monte-Carlo.

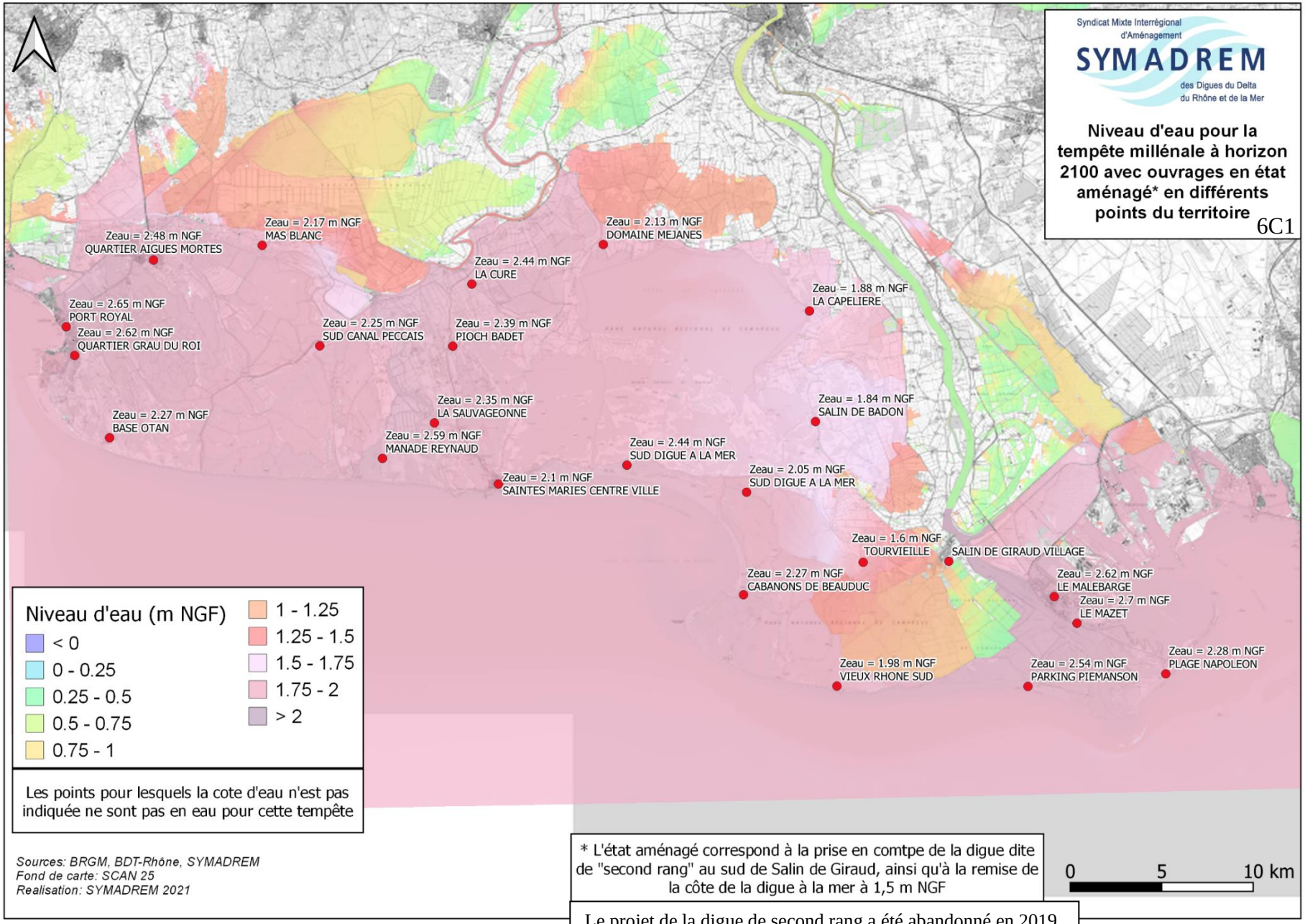

Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Niveau d'eau pour la tempête décennale avec ouvrages en état actuel en différents points du territoire
1A
MAS BLANC
QUARTIER AIGUES MORTES
DOMAINE MEJANES
LA CURE
LA CAPELIERE
PORT ROYAL
QUARTIER GRAU DU ROI
SUD CANAL PECCAIS
PIOCH BADET
LA SAUVAGEONNE
SALIN DE BADON
BASE OTAN
Zeau = 1.61 m NGF
MANADE REYNAUD
Zeau = 1.6 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 0.98 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
SAINTES MARIES CENTRE VILLE
TOURVIEILLE
SALIN DE GIRAUD VILLAGE
Zeau = 1.35 m NGF
CABANONS DE BEAUDUC
LE MALEBARGE
LE MAZET
Zeau = 1.39 m NGF
PLAGE NAPOLEON
Zeau = 1 m NGF
VIEUX RHONE SUD
Zeau = 1.7 m NGF
PARKING PIEMANSON
Niveau d'eau (m NGF)
< 0
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
1 - 1.25
1.25 - 1.5
1.5 - 1.75
1.75 - 2
> 2
Les points pour lesquels la cote d'eau n'est pas indiquée ne sont pas en eau pour cette tempête
Sources: BRGM, BDT-Rhône, SYMADREM
Fond de carte: SCAN 25
Realisation: SYMADREM 2021
0
5
10
15 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Niveau d'eau pour la tempête trentennale avec ouvrages en état actuel en différents points du territoire
2A
MAS BLANC
QUARTIER AIGUES MORTES
DOMAINE MEJANES
LA CURE
LA CAPELIERE
PORT ROYAL
QUARTIER GRAU DU ROI
SUD CANAL PECCAIS
PIOCH BADET
LA SAUVAGEONNE
SALIN DE BADON
BASE OTAN
Zeau = 1.77 m NGF
MANADE REYNAUD
Zeau = 1.73 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 1.09 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
SAINTES MARIES CENTRE VILLE
TOURVIEILLE
SALIN DE GIRAUD VILLAGE
Zeau = 1.46 m NGF
CABANONS DE BEAUDUC
LE MALEBARGE
LE MAZET
Zeau = 1.49 m NGF
PLAGE NAPOLEON
Zeau = 1.08 m NGF
VIEUX RHONE SUD
Zeau = 1.79 m NGF
PARKING PIEMANSON
Niveau d'eau (m NGF)
< 0
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
1 - 1.25
1.25 - 1.5
1.5 - 1.75
1.75 - 2
> 2
Les points pour lesquels la cote d'eau n'est pas indiquée ne sont pas en eau pour cette tempête
Sources: BRGM, BDT-Rhône, SYMADREM
Fond de carte: SCAN 25
Realisation: SYMADREM 2021
0
5
10
15 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Niveau d'eau pour la tempête centennale avec ouvrages en état actuel en différents points du territoire
3A
MAS BLANC
QUARTIER AIGUES MORTES
DOMAINE MEJANES
LA CURE
LA CAPELIERE
PORT ROYAL
QUARTIER GRAU DU ROI
Zeau = 0.83 m NGF
SUD CANAL PECCAIS
PIOCH BADET
LA SAUVAGEONNE
BASE OTAN
Zeau = 1.91 m NGF
MANADE REYNAUD
Zeau = 1.86 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
SALIN DE BADON
Zeau = 1.27 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 1.26 m NGF
SAINTES MARIES CENTRE VILLE
TOURVIEILLE
SALIN DE GIRAUD VILLAGE
Zeau = 1.59 m NGF
CABANONS DE BEAUDUC
LE MALEBARGE
Zeau = 1.15 m NGF
LE MAZET
Zeau = 1.61 m NGF
PLAGE NAPOLEON
Zeau = 1.18 m NGF
VIEUX RHONE SUD
Zeau = 1.89 m NGF
PARKING PIEMANSON
Niveau d'eau (m NGF)
< 0
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
1 - 1.25
1.25 - 1.5
1.5 - 1.75
1.75 - 2
> 2
Les points pour lesquels la cote d'eau n'est pas indiquée ne sont pas en eau pour cette tempête
Sources: BRGM, BDT-Rhône, SYMADREM
Fond de carte: SCAN 25
Realisation: SYMADREM 2021
0
5
10
15 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Niveau d'eau pour la tempête millénale avec ouvrages en état actuel en différents points du territoire
4A
Zeau = 1.96 m NGF
QUARTIER AIGUES MORTES
Zeau = 1.22 m NGF
MAS BLANC
Zeau = 1.14 m NGF
DOMAINE MEJANES
Zeau = 1.7 m NGF
LA CURE
Zeau = 0.84 m NGF
LA CAPELIERE
Zeau = 2.1 m NGF
PORT ROYAL
Zeau = 2.04 m NGF
QUARTIER GRAU DU ROI
Zeau = 1.75 m NGF
SUD CANAL PECCAIS
Zeau = 1.38 m NGF
PIOCH BADET
Zeau = 1.15 m NGF
LA SAUVAGEONNE
Zeau = 0.83 m NGF
SALIN DE BADON
Zeau = 1.75 m NGF
BASE OTAN
Zeau = 2.31 m NGF
MANADE REYNAUD
Zeau = 2.2 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 1.48 m NGF
SAINTES MARIES CENTRE VILLE
Zeau = 1.73 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 1.52 m NGF
TOURVIEILLE
Zeau = 2.12 m NGF
SALIN DE GIRAUD VILLAGE
Zeau = 1.83 m NGF
CABANONS DE BEAUDUC
LE MALEBARGE
Zeau = 2.38 m NGF
LE MAZET
Zeau = 1.93 m NGF
PLAGE NAPOLEON
Zeau = 1.53 m NGF
VIEUX RHONE SUD
Zeau = 2.25 m NGF
PARKING PIEMANSON
Niveau d'eau (m NGF)
< 0
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
1 - 1.25
1.25 - 1.5
1.5 - 1.75
1.75 - 2
> 2
Les points pour lesquels la cote d'eau n'est pas indiquée ne sont pas en eau pour cette tempête
Sources: BRGM, BDT-Rhône, SYMADREM
Fond de carte: SCAN 25
Realisation: SYMADREM 2021
0
5
10
15 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Niveau d'eau pour la tempête centennale à horizon 2100 avec ouvrages en état aménagé* en différents points du territoire
5C
Zeau = 1.92 m NGF
QUARTIER AIGUES MORTES
Zeau = 1.45 m NGF
MAS BLANC
Zeau = 1.29 m NGF
DOMAINE MEJANES
Zeau = 1.57 m NGF
LA CURE
Zeau = 1.16 m NGF
LA CAPELIERE
Zeau = 2.02 m NGF
PORT ROYAL
Zeau = 1.97 m NGF
QUARTIER GRAU DU ROI
Zeau = 1.74 m NGF
SUD CANAL PECCAIS
Zeau = 1.4 m NGF
PIOCH BADET
Zeau = 1.28 m NGF
LA SAUVAGEONNE
Zeau = 1.14 m NGF
SALIN DE BADON
Zeau = 1.81 m NGF
BASE OTAN
Zeau = 2.24 m NGF
MANADE REYNAUD
Zeau = 2.19 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 1.42 m NGF
SAINTES MARIES CENTRE VILLE
Zeau = 1.86 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 1.51 m NGF
TOURVIEILLE
SALIN DE GIRAUD VILLAGE
Zeau = 2.01 m NGF
CABANONS DE BEAUDUC
LE MALEBARGE
Zeau = 2.26 m NGF
LE MAZET
Zeau = 1.97 m NGF
PLAGE NAPOLEON
Zeau = 1.78 m NGF
VIEUX RHONE SUD
Zeau = 2.22 m NGF
PARKING PIEMANSON
Niveau d'eau (m NGF)
< 0
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
1 - 1.25
1.25 - 1.5
1.5 - 1.75
1.75 - 2
> 2
Les points pour lesquels la cote d'eau n'est pas indiquée ne sont pas en eau pour cette tempête
Sources: BRGM, BDT-Rhône, SYMADREM
Fond de carte: SCAN 25
Realisation: SYMADREM 2021
* L'état aménagé correspond à la prise en comtpe de la digue dite de "second rang" au sud de Salin de Giraud, ainsi qu'à la remise de la côte de la digue à la mer à 1,5 m NGF
0
5
10 km
Le projet de la digue de second rang a été abandonné en 2019


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Niveau d'eau pour la tempête millénale à horizon 2100 avec ouvrages en état aménagé* en différents points du territoire
6C1
Zeau = 2.48 m NGF
QUARTIER AIGUES MORTES
Zeau = 2.17 m NGF
MAS BLANC
Zeau = 2.13 m NGF
DOMAINE MEJANES
Zeau = 2.44 m NGF
LA CURE
Zeau = 1.88 m NGF
LA CAPELIERE
Zeau = 2.65 m NGF
PORT ROYAL
Zeau = 2.62 m NGF
QUARTIER GRAU DU ROI
Zeau = 2.25 m NGF
SUD CANAL PECCAIS
Zeau = 2.39 m NGF
PIOCH BADET
Zeau = 2.35 m NGF
LA SAUVAGEONNE
Zeau = 1.84 m NGF
SALIN DE BADON
Zeau = 2.27 m NGF
BASE OTAN
Zeau = 2.59 m NGF
MANADE REYNAUD
Zeau = 2.44 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 2.1 m NGF
SAINTES MARIES CENTRE VILLE
Zeau = 2.05 m NGF
SUD DIGUE A LA MER
Zeau = 1.6 m NGF
TOURVIEILLE
SALIN DE GIRAUD VILLAGE
Zeau = 2.27 m NGF
CABANONS DE BEAUDUC
Zeau = 2.62 m NGF
LE MALEBARGE
Zeau = 2.7 m NGF
LE MAZET
Zeau = 2.28 m NGF
PLAGE NAPOLEON
Zeau = 1.98 m NGF
VIEUX RHONE SUD
Zeau = 2.54 m NGF
PARKING PIEMANSON
Niveau d'eau (m NGF)
< 0
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
1 - 1.25
1.25 - 1.5
1.5 - 1.75
1.75 - 2
> 2
Les points pour lesquels la cote d'eau n'est pas indiquée ne sont pas en eau pour cette tempête
Sources: BRGM, BDT-Rhône, SYMADREM
Fond de carte: SCAN 25
Realisation: SYMADREM 2021
* L'état aménagé correspond à la prise en comtpe de la digue dite de "second rang" au sud de Salin de Giraud, ainsi qu'à la remise de la côte de la digue à la mer à 1,5 m NGF
0
5
10 km
Le projet de la digue de second rang a été abandonné en 2019

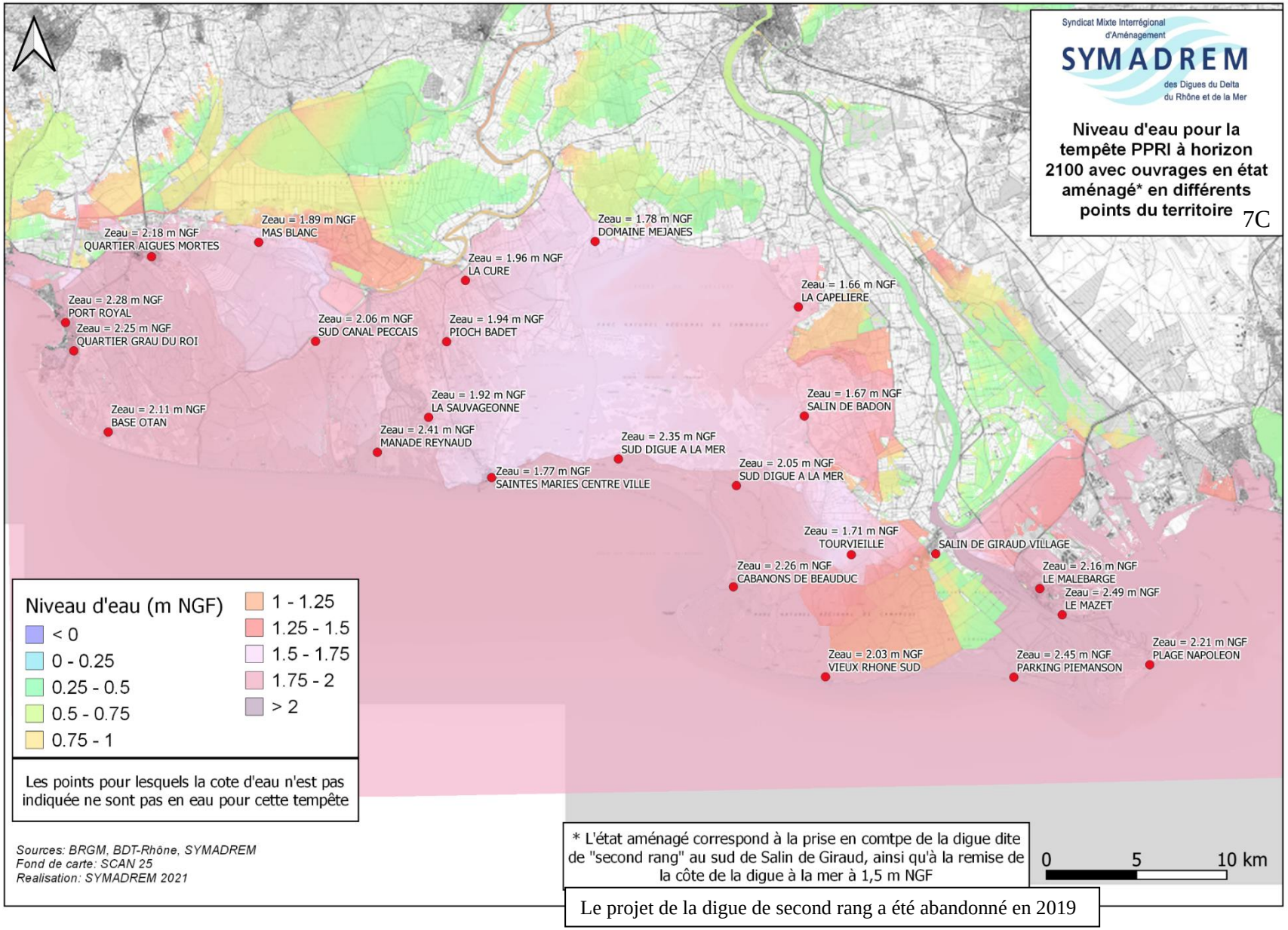


Figure 22 : Cartographies des niveaux d'eau en cas de tempêtes (source données : BRGM – cartographies : SYMADREM)

3.6 MODIFICATION PREVISIBLE DES OCCURRENCES DE TEMPETE A COURT, MOYEN ET LONG TERME

3.6.1 Principe

Les zones côtières seront impactées par l'élévation du niveau marin moyen qui entrainera un ennoiement permanent de certaines zones.

A ce phénomène, s'ajoutera l'augmentation de la fréquence d'atteinte de niveaux extrêmes. En effet, comme le niveau marin moyen sera plus élevé, la surcote liée à un évènement météorologique donné, entrainera un niveau de tempête plus haut qu'aujourd'hui. La figure ci-dessous illustre ce propos :

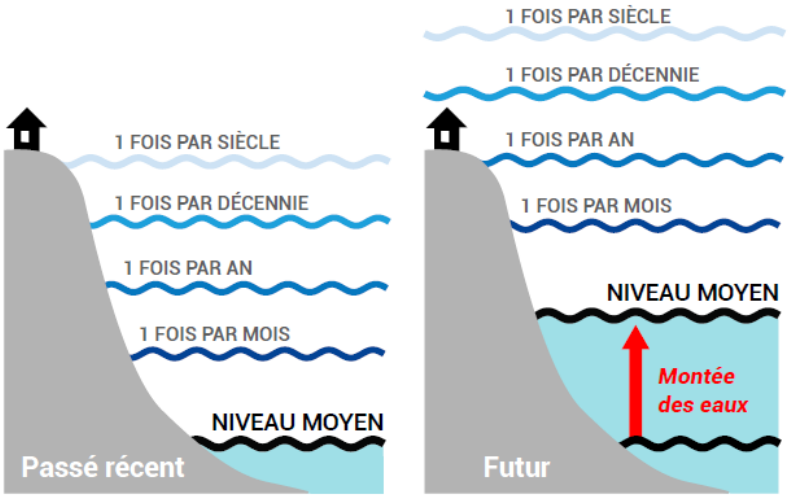


Figure 23 : Schéma des conséquences de l'élévation du niveau marin moyen sur les évènements rares (source : Citoyens pour le climat)

On peut donc conclure que les occurrences des tempêtes vont être modifiées. Sur le graphique ci-dessus, l'eau arrive au pied de la maison une fois par siècle. Après élévation du niveau marin, l'eau arrive au pied de la maison une fois par an.

Nous avons cherché dans la suite de ce rapport à quantifier ces modifications d'occurrence pour le cas du Grand Delta du Rhône.

3.6.2 Visualisation de l'élévation du niveau de la mer sur les contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint

L'élévation du niveau marin peut être visualisée sur les contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint de la façon suivante : la courbe est décalée sur l'axe des abscisses (représentant l'élévation du niveau marin SWL) mais pas sur l'axe des ordonnées (puisqu'il n'est pas a priori pas projeté de modifications du niveau des hauteurs spécifiques de vagues Hs suite aux changements climatiques).

Cette translation est recevable en prenant en compte les hypothèses simplificatrices suivantes :

- seul le niveau marin va changer dans le futur ;
- le régime des tempêtes (intensité et fréquence) restera identique ;
- l'augmentation du niveau marin anticipée à l'échelle mondiale est valable pour la Méditerranée.

Par ailleurs, les niveaux marins et les houles présentés sont mesurées au large. Ces houles propagées en proche côtier peuvent conduire à des états de mer différents en fonction des conditions locales. Ces conditions pourront évoluer lors de l'élévation du niveau marin lié au changement climatique (modification des profils de plage par exemple), et ainsi modifier les conséquences/impacts sur le littoral. Ce phénomène n'est pas pris en compte lors de l'estimation des modifications d'occurrence des tempêtes.

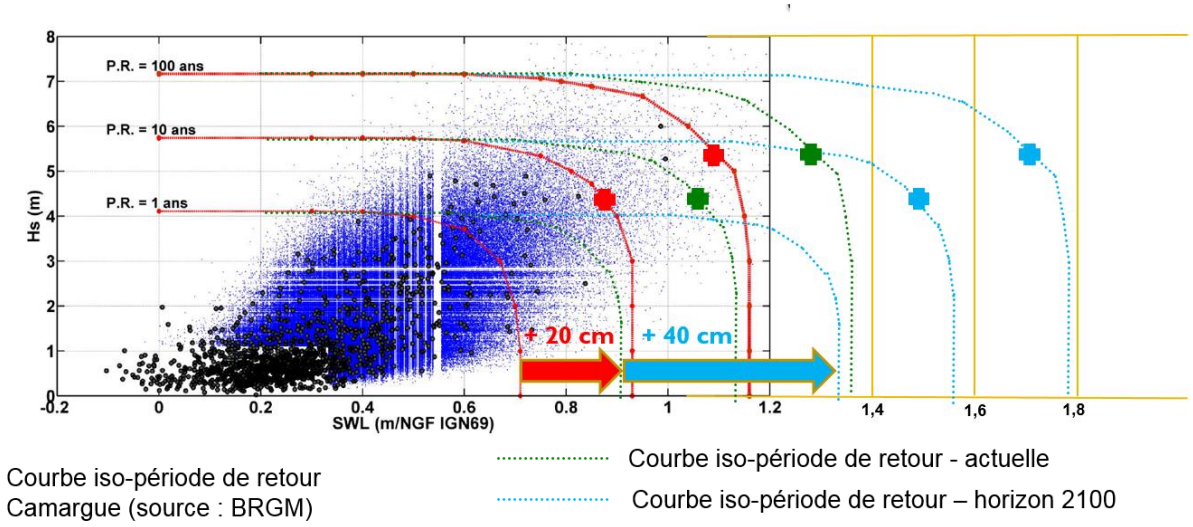


Figure 24 : Translation des contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint pour les valeurs 1 an, 10 ans et 100 ans (courbes rouges)

Les points noirs représentent les données initiales (après sélection des évènements indépendants).

Les points bleus représentent les données simulées par la méthode Monte-Carlo

Sur le graphique ci-dessus sont représentées :

- En rouge, les contours d'iso période de retour de dépassement conjoint sans prise en compte de l'élévation du niveau marin. Les points rouges représentent les combinaisons (SWL, Hs) retenues dans le rapport du BRGM pour définir les tempêtes ;
- En vert, les contours d'iso période de retour de dépassement conjoint, en situation actuelle (prise en compte de l'élévation du niveau marin de + 20 cm) ;
- En bleu, les contours d'iso période de retour de dépassement conjoint, projeté en 2100 (prise en compte de l'élévation du niveau marin de + 40 cm qui s'ajoute au + 20 cm de la situation actuelle – soit + 60 cm au total).

3.6.3 *Méthodologie et hypothèse pour l'estimation de la modification des occurrences de tempêtes du fait de l'élévation du niveau marin*

Regardons la modification d'occurrence de 4 combinaisons (SWL, Hs) nommés A, B, C et D :

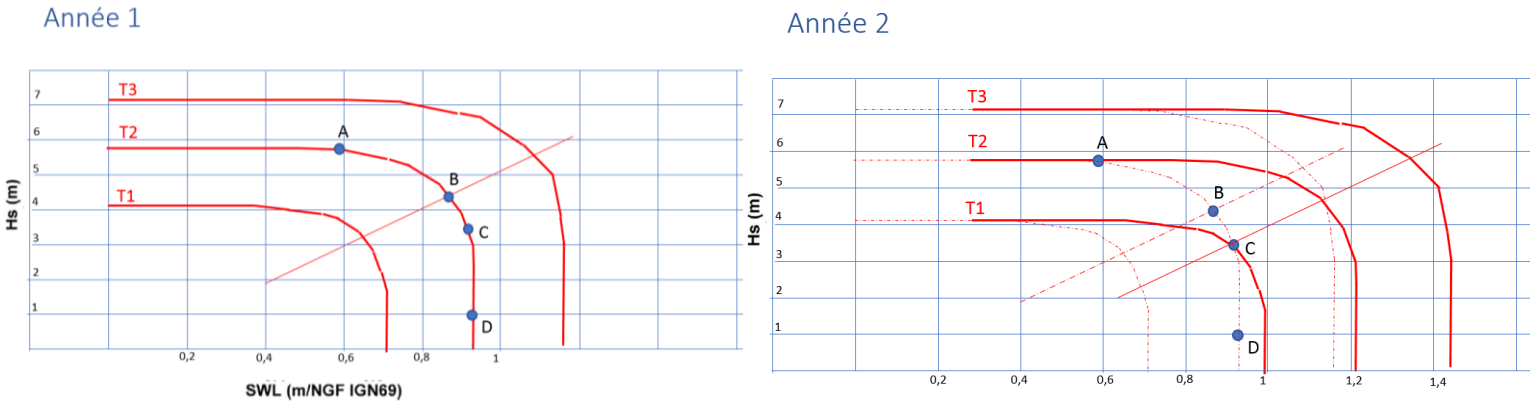


Figure 25 : Illustration du principe de modification des occurrences pour 4 tempêtes fictives

Année 1 : Les combinaisons (SWL, Hs) A, B, C et D sont d'occurrence T2

Année 2 : Après élévation du niveau marin, les occurrences des combinaisons (SWl, Hs) sont :

- A : occurrence T2 (inchangé), ce qui est logique du fait que l'occurrence de cet événement est dans la situation actuelle essentiellement qualifiée par sa hauteur de spécifique de vague ;
- B : entre T1 et T2 ;
- C : occurrence T1 (combinaison correspondant au point d'inflexion) ;
- D : occurrence < T1, ce qui est logique du fait que l'occurrence de cet événement est dans la situation actuelle essentiellement qualifiée par le niveau matin.

En fonction du couple (SWL, HS) que l'on considère sur la courbe d'isopériode de retour, l'occurrence de la combinaison (SWL, Hs), après élévation du niveau marin, change. **Il n'y a pas une tempête d'une occurrence donnée qui va se « transformer » en une tempête d'une autre occurrence.** Tout dépendra si l'occurrence de l'évènement est essentiellement liée à sa hauteur de vagues spécifiques ou a contrario liée à son niveau marin. Dans le premier cas, la tendance de montée des eaux aura peu d'incidence. Dans le second cas, la période de retour diminuera sensiblement.

Prenons l'exemple de la tempête centennale : quelle sera son occurrence en 2100, en prenant l'hypothèse d'élévation basse du GIEC de +44 cm, selon le point que l'on considère sur la courbe ?

Sur la figure ci-dessous, sont représentés deux couples (SWL ; HS) de la tempête centennale actuelle. Le premier est dans la zone d'inflexion de la courbe, le deuxième est sur la partie de la courbe où SWL est élevé et Hs relativement faible.

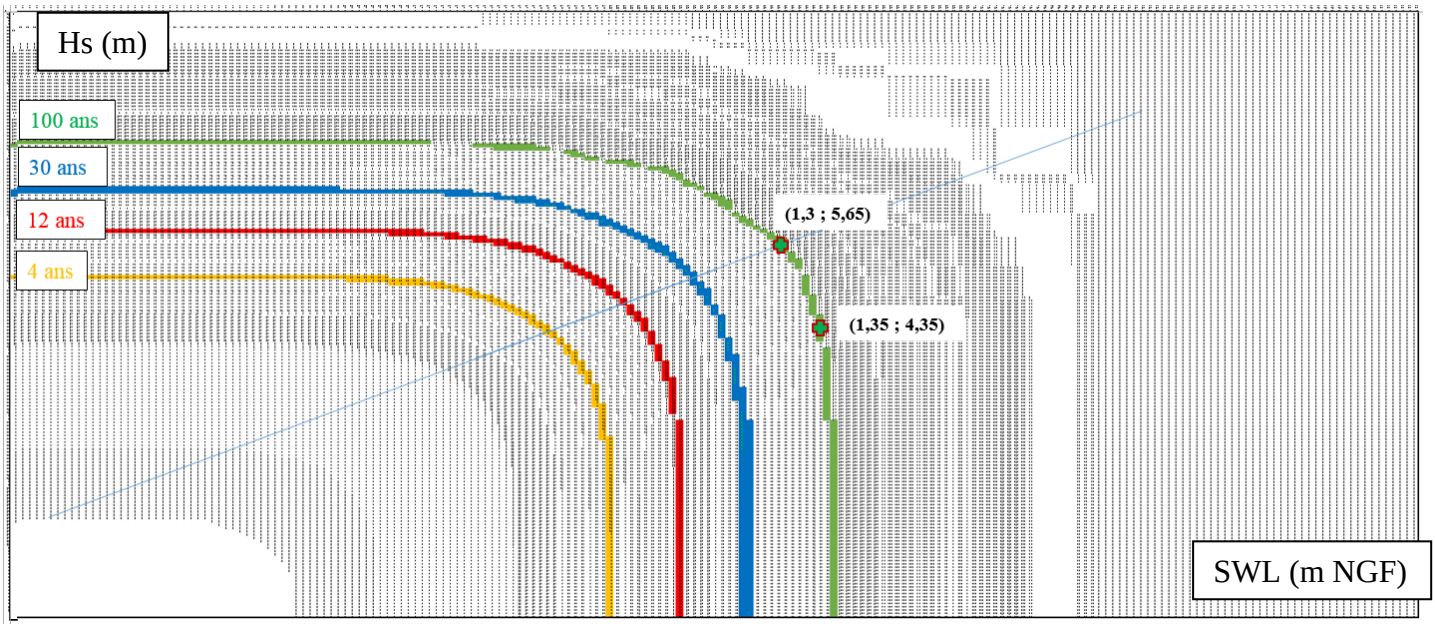


Figure 26 : contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint en état actuel, avec prise en compte des + 20 cm

En 2100, l'hypothèse basse de l'élévation du niveau marin est de +44 cm. Le décalage des courbes, sur l'axe SWL, de 44 cm, auxquels on retranche 6 cm d'élévation déjà effective entre 2005 et aujourd'hui (selon la vitesse d'élévation de 3,7 mm/an – voir 3.2), est représenté sur la figure suivante :

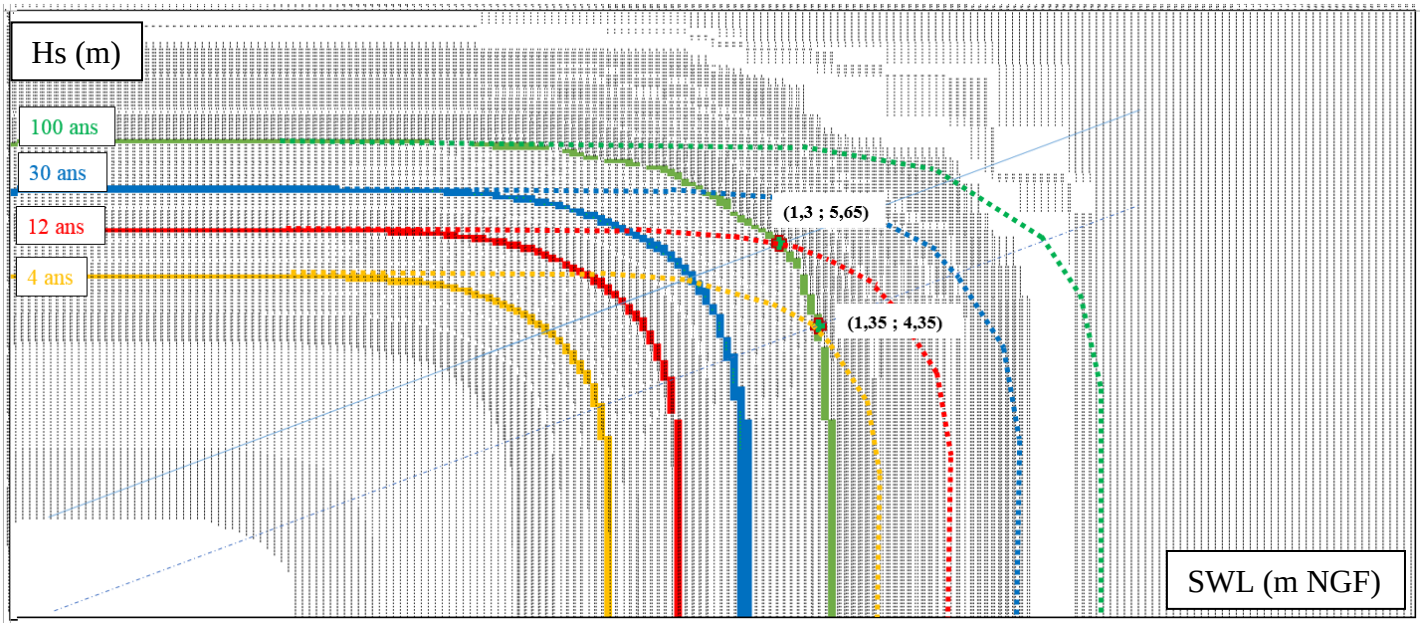


Figure 27 : Décalage des contours d'isopériode de retour de dépassement conjoint à horizon 2100 (hypothèse basse) et application à deux points différents pour déterminer les changements d'occurrence de la tempête centennale

Si l'on considère le couple (1,3 ; 5,65), la tempête de période de retour 100 ans deviens une tempête de période de retour 12 ans. Le couple (1,3 ; 5,65) est alors situé, après translation des courbes, dans la partie de la courbe où les hauteurs de vague Hs sont élevées et les niveaux SWL relativement faibles.

Si l'on considère le couple (1,3 ; 4,35), la tempête de période de retour 100 ans deviens une tempête de période de retour 4 ans. Le couple (1,3 ; 4,35) est alors situé dans la zone d'inflexion de la courbe de période de retour 4 ans, ce qui est un compromis entre une valeur de Hs élevée et une valeur de SWL élevée.

Pour la suite de ce rapport, il est fait le choix de considérer, pour une occurrence donnée, le couple (SWL ; Hs) correspondant aux modélisations réalisées par le BRGM. En effet, les modifications d'occurrence présentées au paragraphe 3.6.4, seront par la suite mise en lien avec les dommages liés aux tempêtes, qui sont estimés à partir des résultats des modélisations réalisées par le BRGM, Afin d'estimer le dommage moyen annuel lié à la submersion marine, et son évolution au fil des années du fait de l'élévation du niveau marin.

L'analyse est effectuée graphiquement à partir des points simulés par la méthode Monte Carlo qui nous ont été fournis par le BRGM et qui nous ont permis de reconstituer les contours d'isopériode pour toutes les occurrences (y compris les occurrences intermédiaires).

Les hypothèses prises en compte sont les suivantes :

- Pour la situation actuelle, appelée « aujourd'hui » dans le tableau ci-dessous, les + 20 cm du guide PPRL sont pris en compte ;
- Pour les situations 2030, 2050, 2100, les hypothèses d'élévation du niveau marin du GIEC présentées au paragraphe 1.1.9 sont appliquées. Pour mémoire, elle s'applique par rapport à la moyenne observée sur la période 1995-2014 (soit une moyenne en 2005) ;
- On considère qu'entre 2005 et aujourd'hui, le niveau est déjà monté de 6 cm en Camargue. Ce chiffre est calculé en se basant sur une vitesse d'élévation de 3,7 mm/an (voir 3.2).

3.6.4 Résultats

Pour 2030, le GIEC prévoit une élévation du niveau marin comprise entre 0,09 m et 0,10 m selon le scénario considéré, par rapport au niveau moyen sur la période 1995-2014. Ces valeurs étant proches les unes des autres, il est considéré, par soucis de simplification la moyenne des scénarios SSP1-2.6, SSP2-4.5 et SSP5-8.5 de 9,5 cm, arrondi à 10 cm.

Pour 2050, le GIEC prévoit une élévation du niveau marin comprise entre et 0,19 m et 0,23 m, selon le scénario considéré, par rapport au niveau moyen sur la période 1995-2014. Ces valeurs étant proches les unes des autres, il est considéré, par soucis de simplification la moyenne des scénarios SSP1-2.6, SSP2-4.5 et SSP5-8.5 de 21 cm, arrondi à 20 cm.

Pour 2100, les trois hypothèses suivantes sont considérées :

- + 44 cm, correspondant au scénario SSP1-2.6 ;
- + 56 cm, correspondant au scénario SSP2-4.5 ;
- + 77 cm, correspondant au scénario SSP5-8.5.

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant. On y voit les modifications d'occurrence de tempêtes, selon l'horizon temporel considéré.

Tableau 13 : Modification des occurrences des tempêtes

	Aujourd'hui	2030	2050	2100	2100	2100
		+ 10 cm / [1995-2014]	+ 20 cm / [1995-2014]	+ 44 cm / [1995-2014]	+ 56 cm / [1995-2014]	+ 77 cm / [1995-2014]
(SWL ; Hs) = (1,06 ; 4,7)	**10**	7,8	4,4	2,3	2,2	2,2
(SWL ; Hs) = (1,17 ; 5,09)	**30**	22,3	11,4	4,2	3,9	3,9
(SWL ; Hs) = (1,3 ; 5,33)	**100**	66,2	32,1	8,6	6,3	5,6
(SWL ; Hs) = (1,7 ; 5,33)	**1666,7***	1666	666,7	100	43,1	11,5

* pour les occurrences au-delà de 100 ans, les modélisations réalisées par le BRGM sont les suivantes :

- SWL = 1,55 m NGF et Hs = 8,75 m, qualifiée d'exceptionnelle avec une période de retour de 1000 ans. Les paramètres Hs et SWL ont été considérés de façon indépendante pour cette tempête, de ce fait l'occurrence d'apparition de cette tempête est supérieure à 1000 ans. Elle n'est pas présentée dans ce tableau.

- SWL = 1,7 m NGF et Hs = 5,33 m, qualifiée de rare de période de retour 100 ans, à un horizon temporel 2100. L'occurrence actuelle de cette tempête est de l'ordre de 1700 ans. Elle est présentée dans le tableau.

Ainsi, par exemple, l'évènement aujourd'hui de période de retour 30 ans, selon le couple (SWL ; Hs) défini dans le tableau ci-dessus, aura une période de retour de l'ordre de 20/25 ans en 2030 ; de l'ordre de 10/15 ans en 2050, et de l'ordre de 3/5 ans en 2100.

On retiendra les modifications d'occurrence suivantes pour les tempêtes modélisées par le BRGM :

Tableau 14 : Synthèse des modifications des occurrences de tempêtes

Occurrence actuelle	Horizon 2030	Horizon 2050	Horizon 2100		
Elévation du niveau marin selon le GIEC, par rapport à [1995-2014]	+10 cm*	+20 cm**	+44 cm	+56 cm	+ 77 cm
10 ans	5/10 ans	3/5ans	< 3 ans		
30 ans	20/25 ans	10/15 ans	3/5ans		
100 ans	65/70 ans	30/35 ans	5/10 ans		
1700 ans	1700 ans	700 ans	100 ans	40/45 ans	10/15 ans

4 IMPACT DE LA SUBMERSION MARINE ET DE L'ELEVATION DU NIVEAU MARIN SUR LES ENJEUX HUMAINS

4.1 PRINCIPE DE L'ANALYSE DES CONSEQUENCES

Les zones côtières seront impactées par l'élévation du niveau marin moyen qui entrainera un **ennoiement permanent** de certaines zones. On distingue les enjeux littoraux directement impactés par l'élévation du niveau marin (cf. Figure 28) des enjeux situés dans les terres basses, qui seront ennoyés de façon permanente par les écoulements souterrains en provenance de la mer (cf. Figure 29).

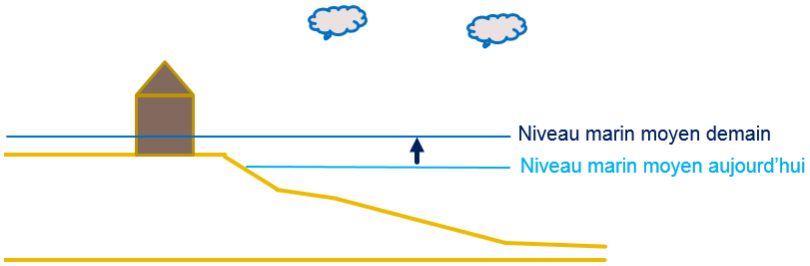


Figure 28 : Schéma d'une habitation directement impactée par l'élévation du niveau marin (schéma SYMADREM)

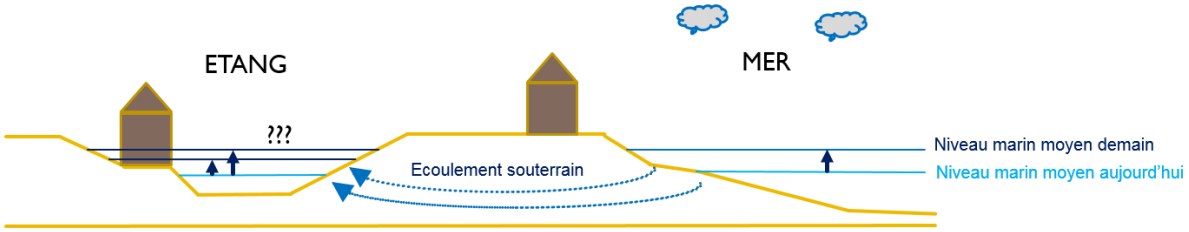


Figure 29 : Schéma d'une habitation (à gauche) touchée par le phénomène d'ennoiement permanent des terres basses (schéma SYMADREM)

A ce phénomène, s'ajoute le risque de **submersion marine temporaire** (en lien avec un phénomène météorologique de **tempête)** dont la fréquence d'apparition va augmenter en raison de l'élévation du niveau marin.

Les conséquences sur les enjeux humains de ces deux phénomènes (ennoiement permanent et submersion marine temporaire) sont détaillées dans les paragraphes suivants. Le travail réalisé a consisté à :

- recenser les enjeux qui seront touchés par un ennoiement permanent. En fonction de l'horizon temporel considéré, et donc de l'élévation du niveau marin prise en compte, le nombre d'enjeux concerné diffère. Sur ces enjeux ennoyés de façon permanente, il n'est pas calculé de dommages monétaires, puisqu'on considère que ces enjeux disparaissent ;

- chiffrer les dommages monétaires associés à chaque tempête (tempête décennale, centennale ...etc..). Les dommages sont chiffrés en fonction de différentes hypothèses

d'élévation du niveau marin et d'ennoiement permanent : plus l'ennoiement est fort plus les dommages sont faibles (puisque les enjeux ennoyés de façon permanente ne sont pas pris en compte dans le calcul des dommages) ;

- estimer le nombre de personnes sinistrées et le nombre d'emplois impactés pour chaque tempête ;
- estimer le dommage moyen annuel lié à la submersion marine (DMA), c'est-à-dire la moyenne des dommages des différentes tempêtes étudiées, pondérée par les probabilités d'apparition annuelle de chaque tempête. L'estimation du DMA est effectuée pour différents horizons temporels (2022 ; 2030 ; 2050 et 2100). Il tient compte de l'augmentation de la fréquence des tempêtes présentées au § 3.6.4 et des prévisions d'élévation du niveau marin du GIEC.

4.2 IMPACT SUR LES ENJEUX, HORS TEMPETE, D'UN ENNOIEMENT PERMANENT LIE A L'ELEVATION DU NIVEAU MARIN

4.2.1 Recensement des enjeux touchés par l'ennoiement permanent

Dans un premier temps, le nombre d'enjeux impactés par un ennoiement permanent a été calculé pour différents niveaux d'eau appliqués au delta, sans le rattacher à un horizon temporel donné. Ils sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : nombre de logements, d'entreprises, d'établissements publics et surfaces des parcelles agricoles concernés par l'ennoiement permanent

ENJEUX ENNOYES	ZONE PROTEGEE	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,1 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,3 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF	Ennoiement à 1 m NGF
Nombre de LOGEMENTS	Rive Droite	0	4	14	19	28	48	122	301
	Camargue insulaire	5	11	5	17	31	123	501	1150
	Rive gauche	1	1	1	3	6	14	43	216
	DELTA LITTORAL	**6**	**16**	**20**	**39**	**65**	**185**	**666**	**1667**
Nombre de PERSONNES	Rive Droite	0	6	6	6	13	46	84	249
	Camargue insulaire	0	0	0	2	9	49	316	888
	Rive gauche	0	0	0	2	2	14	50	450
	DELTA LITTORAL	**0**	**6**	**6**	**10**	**24**	**109**	**450**	**1 587**
Nombre d'ENTREPRISES	Rive Droite	9	18	18	56	60	66	112	294
	Camargue insulaire	0	1	1	1	5	45	84	248
	Rive gauche	0	0	0	2	2	2	65	143
	DELTA LITTORAL	**11**	**19**	**19**	**59**	**67**	**113**	**261**	**685**
Nombre d'EMPLOIS	Rive Droite	7	7	7	7	11	17	63	292
	Camargue insulaire	0	1	1	1	5	56	104	426
	Rive gauche	0	0	0	9	9	9	99	258
	DELTA LITTORAL	**7**	**8**	**8**	**17**	**25**	**82**	**266**	**976**
Surface PARCELLES AGRICOLES (ha)	Rive Droite	3 072	3 683	11 642	12 784	13 657	15 697	17 852	20 656
	Camargue insulaire	971	1 172	10 554	12 799	15 679	20 099	22 838	24 444
	Rive gauche	267	430	987	4 395	5 372	7 627	9 218	10 051
	DELTA LITTORAL	**4 310**	**5 285**	**23 183**	**29 978**	**34 708**	**43 423**	**49 907**	**55 152**
Nombre d'ETABLISSEMENTS PUBLICS	Rive Droite	0	0	0	0	0	0	0	0
	Camargue insulaire	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rive gauche	0	0	0	0	0	0	0	1
	DELTA LITTORAL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**

SURFACE D'ENNOIEMENT TOTALE (ha)								
TOTALE*	**Ennoiement à 0 m NGF**	**Ennoiement à 0,1 m NGF**	**Ennoiement à 0,2 m NGF**	**Ennoiement à 0,3 m NGF**	**Ennoiement à 0,4 m NGF**	**Ennoiement à 0,6 m NGF**	**Ennoiement à 0,8 m NGF**	**Ennoiement à 1 m NGF**
96 400	**17 600**	**24 600**	**31 600**	**38 900**	**48 700**	**70 500**	**88 100**	**103 900**

Par exemple, la colonne « Ennoiement à 0,6 m NGF » signifie qu'un niveau d'eau de 0,6 m NGF a été appliqué uniformément à l'ensemble du Delta. Les enjeux inondés de façon permanente ont alors été comptabilisés : on dénombre 185 logements, 113 entreprises et environ 43 000 ha de parcelles agricoles.

On retiendra que dans l'hypothèse forte d'un ennoiement permanent à 1 m NGF des terres basses, environ 1700 logements seraient inondés, ainsi que 700 entreprises et 55 000 ha de parcelles agricoles.

La localisation des surfaces ennoyées est présentée sur la figure suivante :

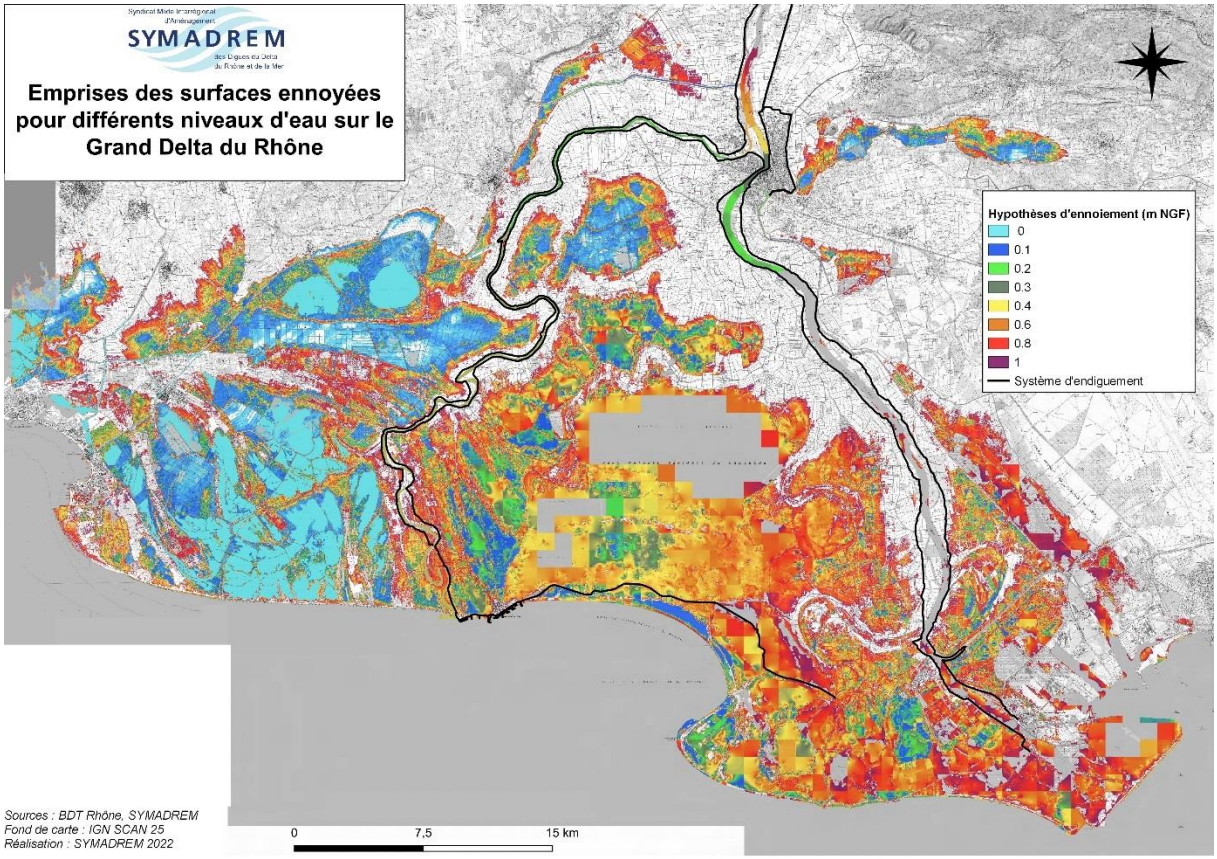


Figure 30 : localisation des surfaces ennoyées pour différents niveaux d'eau

La localisation des enjeux ennoyés est présentée dans le dossier d'annexes cartographiques.

La topographie du territoire est donnée par le modèle numérique de terrain (MNT) de la base de données topographiques du Rhône (BDT Rhône) réalisée par l'Agence de l'Eau en 2011. Le SYMADREM utilise la BDT Rhône pour toutes ses études au regard de la précision qu'apporte ce modèle. Le MNT de la BDT Rhône ne couvre pas l'Ouest de la commune du Grau-du-Roi, à savoir les casiers hydrauliques du Ponant et du Boucanet. La topographie est complétée par le MNT « RGE ALTI » de l'IGN seulement pour ces deux casiers.

Ces sources topographiques ne fournissent pas le niveau du fond des étangs. C'est pourquoi on observe des différences de traitement par exemple entre les étangs de la Camargue Gardoise et les étangs de Camargue insulaire.

4.2.2 *Hypothèse retenue pour l'écart entre le niveau marin et le niveau d'ennoiement des terres basses*

Le fonctionnement hydrogéologique dans le delta est peu documenté. Aussi, deux hypothèses sont envisageables :

- Hypothèse 1 : un état d'équilibre se crée entre le niveau de la mer et le niveau d'eau dans les terres basses, du fait des écoulements souterrains principalement ;

- Hypothèse 2 : une différence de niveau est maintenue entre le niveau marin et les niveaux d'eau dans les terres basses, avec un « delta » entre ces deux niveaux à définir. Cette différence de niveau peut être due à :
    - l'évaporation qui diminue le niveau d'eau dans les terres basses et étangs ;
    - l'action de l'homme via les réseaux de pompage et drainage existants et les gestions des vannages.

Ces deux hypothèses sont représentées sur le schéma suivant :

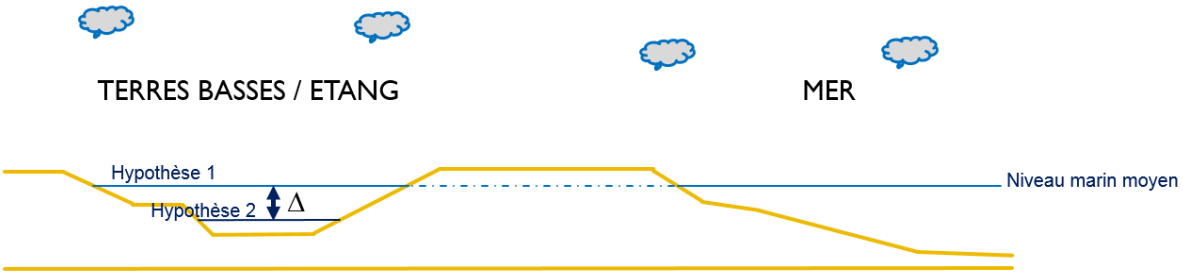


Figure 31 : schéma des hypothèses d'ennoiement permanent (schéma SYMADREM)

Etant donné la configuration topographique du delta du Rhône, le choix de l'hypothèse retenue a des conséquences fortes sur le nombre d'enjeux considérés comme ennoyés de façon permanente.

Le niveau marin moyen est aujourd'hui de l'ordre de 0,2 m NGF. Si on considère l'hypothèse 1, le niveau d'eau dans les terres basses et étangs devraient être de 0,2 m NGF également. Le Tableau 15 indique 20 logements et 19 entreprises inondées pour ce niveau d'eau, ainsi que 23 000 ha de terres agricoles. L'analyse de ces logements montre qu'ils ne sont, aujourd'hui, pas inondés.

Certaines terres agricoles sont également cultivées, ce qui invalide l'hypothèse 1 d'ennoiement permanent. Notons que pour les entreprises, la localisation de la base INSEE peut être approximative (à l'inverse des logements pour lesquels la donnée est fiable).

L'hypothèse retenue pour la suite du diagnostic est donc l'hypothèse 2 : **un écart de niveau est pris en compte entre la mer et les étangs. Cet écart est estimé constant de l'ordre de 10 à 20 cm**, c'est-à-dire que le niveau d'eau dans les terres basses augmentera parallèlement à l'élévation du niveau marin avec un delta de 10 à 20 cm (exemple : niveau marin à 0,8 m NGF et niveau dans les terres basses à 0,6 m NGF). Ce choix est basé sur les constats suivants :

- l'analyse des niveaux à la Fourcade (la sonde au nord du pertuis mesure le niveau des étangs inférieurs, et la sonde au sud du pertuis mesure le niveau marin) montre des écarts de niveau mer/étang autour de 20 cm en moyenne pour l'année 2019 ;
- un ennoiement à 0 m NGF (en lien avec un niveau marin à 0,2 m NGF) est moins pessimiste que l'ennoiement à 0,2 m NGF. Le nombre de logements et surfaces agricoles a priori touchés est quasi-nul.

Cette hypothèse retenue reste malgré tout simplificatrice (la différence de niveau mer/terres basses est en réalité spatialisée et saisonnalisée) et sécuritaire (le nombre d'enjeux ennoyés de manière permanente, pourraient être surestimé avec cette approche). Une étude approfondie sur le fonctionnement hydrologique dans le delta serait nécessaire pour préciser cette hypothèse.

Rappelons que la finalité est de calculer le coût pour le territoire de l'élévation du niveau marin et de la submersion marine. Or, les enjeux ennoyés de façon permanente ne sont pas comptabilisés dans les dommages monétaires, car on les considère comme « perdus ». Le coût des dommages présentés dans les paragraphes suivants est donc un coût « optimiste » qui ne prend pas en compte le coût d'indemnisation des terres ennoyées.

4.3 IMPACT SUR LES ENJEUX, EN CAS DE SUBMERSION MARINE TEMPORAIRE

4.3.1 Principe

L'impact de la submersion marine est étudié dans le but de déterminer les enjeux impactés de manière **temporaire** en fonction des scénarios étudiés. Les modélisations ont été réalisées par le BRGM **[L002]** et **[L003]**. Les scénarios retenus pour l'analyse sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Synthèse des valeurs de forçages des scénarios de tempêtes retenus pour l'analyse économique

N°	Occurrence (en 2022)	NIVEAU				VAGUES			VENT		ETAT
		SWL (m NGF)	Elévation niveau marin (m)	Incertitude (m)	SWL (m NGF)	Hs (m)	Dp (°N)	Tp (s)	U (m/s)	Dir (°N)	
8	Tempête de novembre 2014				**0,97**	**4,04**	155	9,1	70	130	Actuel
1A	10	0,86	0,2		**1,06**	**4,7**	155	9	81	121	
2A	30	0,97	0,2		**1,17**	**5,09**	155	9,2	85	121	
3A	100	1,1	0,2		**1,3**	**5,33**	155	9,4	87	121	
MOYEN ACTUEL*	100 + 25 cm incertitude	1,1	0,2	0,25	**1,55**	**5,33**	155	9,4	87	121	
5C	100 + 40 cm d'élévation du niveau marin	1,1	0,6		**1,7**	**5,33**	155	9,4	87	121	Aménagé avec la digue de second rang au Sud de Salin-de-Giraud (projet abandonné), mise à la cote de la digue à la mer à 1,5 m NGF et renforcement des digues du Grand Rhône aval
7C	100 + 40 cm d'élévation du niveau marin + 25 cm incertitude	1,1	0,6	0,25	**1,95**	**5,33**	155	9,4	87	121	

** Le scénario MOYEN ACTUEL provient des modélisations réalisées par le BRGM pour la DDTM13. Les autres scénarios proviennent des modélisations réalisées par le BRGM pour le SYMADREM.*

Le montant des dommages aux logements, aux entreprises, aux activités agricoles et aux établissements publics, ainsi que le nombre de personnes et d'emplois impactés ont été calculés pour chacune de ces tempêtes listées ci-dessus. Ce calcul a été réalisé pour différents horizons temporels, correspondant à différentes élévations du niveau marin, et différents niveaux d'ennoiement permanent.
Les prévisions d'élévation du niveau marin du GIEC sont rappelées dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Prévisions d'élévation du niveau marin selon le GIEC en 2030, 2050 et 2100

	Scénarios du GIEC							
	1-2.6		2-4.5		5-8.5		Moyenne des scénarios	
	Elévation du niveau marin (m) par rapport à la période [1995-2014]	*Elévation du niveau marin (m) par rapport à 2022 **	**Elévation du niveau marin (m) par rapport à la période [1995-2014]**	*Elévation du niveau marin (m) par rapport à 2022 **	**Elévation du niveau marin (m) par rapport à la période [1995-2014]**	*Elévation du niveau marin (m) par rapport à 2022 **	**Elévation du niveau marin (m) par rapport à la période [1995-2014]**	*Elévation du niveau marin (m) par rapport à 2022 **
2030	**0,09**	*0,03*	**0,09**	*0,03*	**0,1**	*0,04*	**0,09**	*0,03*
2050	**0,18**	*0,12*	**0,21**	*0,15*	**0,23**	*0,17*	**0,21**	*0,15*
2100	**0,38**	*0,32*	**0,56**	*0,5*	**0,77**	*0,71*	**0,57**	*0,51*

** : les données du GIEC sont fournies par rapport à la période [1995-2014], il est considéré une élévation déjà effective de 6 cm entre [1995-2014] et 2022 (cf. §3.2).*

Les prévisions du GIEC pour 2030 sont proches, quel que soit le scénario retenu. Il en est de même pour 2050. Pour ces deux horizons temporels, la moyenne des 3 scénarios est retenue dans la suite de l'analyse. En revanche pour 2100, chacun des 3 scénarios est retenu dans la suite de l'analyse.

4.3.2 Montant des dommages

Les montants des dommages associés à chaque tempête sont présentés dans le tableau ci-dessous, à l'échelle globale du Delta du Rhône :

Tableau 18 : Montants des dommages (en millions d'€uros) liés aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses

			2021	2030	2050	2100 (scénarios GIEC)		
						SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Elévation du niveau marin (cm)			+ 0	+ 3	+ 15	+ 32	+ 50	+ 71
Niveau marin moyen (m NGF)			**0,2**	**0,23**	**0,35**	**0,52**	**0,7**	**0,91**
Niveau d'eau dans les terres basses (ennoiement permanent) (m NGF)			*0*	*0,03*	*0,15*	*0,32*	*0,5*	*0,71*
Niveau d'eau dans les terres basses retenu (ennoiement permanent) (m NGF)			**0**	**0**	**0,2**	**0,4**	**0,6**	**0,8**
Montant des dommages pour un niveau marin de tempête donné **(Millions d'€)**	0.97 mNGF	2014	0	0	0	0	0	0
	1.06 mNGF	1A	17	17	14	10	5	4
	1.17 mNGF	2A	21	21	18	14	9	8
	1.3 mNGF	3A	26	26	23	18	13	11
	1.55 mNGF	MOYEN ACTUEL	70	70	66	60	54	49
	1.7 mNGF	5C	225	225	219	207	189	169
	1.95 mNGF	7C	450	450	444	429	406	378

La condition initiale appliquée dans le modèle pour les scénarios de submersion marine 1A, 2A, 3A et moyen actuel est la situation actuelle, soit un niveau des étangs à 0,2 m NGF. La condition initiale appliquée aux scénarios de submersion marine 5C et 7C est la situation avec un niveau des étangs à 0,6 m NGF.

Nous ne disposons donc pas de scénarios de modélisation de la submersion marine avec des niveaux d'ennoiement intermédiaires ou supérieurs (0,4 m NGF, 0,8 m NGF…etc..) en conditions initiales. Ces scénarios seraient nécessaires pour mener l'analyse de façon

exhaustive. Le calcul du montant des dommages pour des ennoiements intermédiaires et supérieurs a quand même été réalisé sur la base de ces scénarios. Par exemple, pour le calcul des dommages de la tempête 3A avec un ennoiement des terres basses à 0,6 m NGF, ce sont les dommages de la modélisation avec un ennoiement modélisé des terres basses à 0,2 m NGF qui a été utilisé. Le montant des dommages est donc sous-estimé. A l'inverse, pour le calcul des dommages de la tempête 5C avec un ennoiement des terres basses à 0 m NGF, ce sont les dommages de la modélisation avec un ennoiement modélisé des terres basses à 0,6 m NGF qui a été utilisé. Le montant des dommages est donc surestimé.
Pour un niveau marin de tempête donné, le montant des dommages décroit au fil des années. Cela est dû au fait qu'avec l'élévation du niveau marin, le nombre d'enjeux ennoyés de façon permanente augmente. Or, les dommages monétaires ne sont pas comptabilisés pour les enjeux ennoyés de façon permanente. Ce coût devra être valorisé en phase d'analyse coût bénéfice du scénario d'aménagement retenu à l'issue de la stratégie.

Dit autrement, une tempête qui se produirait aujourd'hui va toucher des enjeux qui sont comptabilisés dans les dommages de la colonne « 2022 ». Dans quelques années, certains de ses enjeux seront situés dans la zone d'ennoiement permanent, conséquence de l'élévation du niveau marin. Ils ne seront donc pas comptabilisés dans les enjeux touchés par une tempête avec les mêmes caractéristiques de Niveau marin et Hauteur spécifique de vagues que la précédente.

En revanche, un niveau marin de tempête donné va voir son occurrence d'apparition augmenter (cf. 3.6). Par exemple, le niveau marin 1,3 m NGF a une probabilité, en 2022, de 1/100 de se produire chaque année (occurrence centennale) avec un coût des dommages estimés à 26 millions d'euros. En 2050, le coût des dommages liés à cette tempête baisse à 23 millions d'euros, mais la probabilité d'occurrence de la tempête augmente : elle sera de 1/30 chaque année environ (occurrence trentennale).

Le calcul du dommage moyen annuel (DMA) permet de quantifier ce phénomène. Il correspond à la moyenne du dommage pondérée par les probabilités d'apparition annuelle de chaque tempête. Il est calculé au § 4.3.6.

La répartition des dommages, entre dommages agricoles, et dommages non agricoles (c'est-à-dire dommages aux logements, aux entreprises et aux établissements publics), est présentée sur les graphiques ci-dessous, en fonction du niveau marin, pour un ennoiement des terres basses à 0 m NGF et 0,8 m NGF :

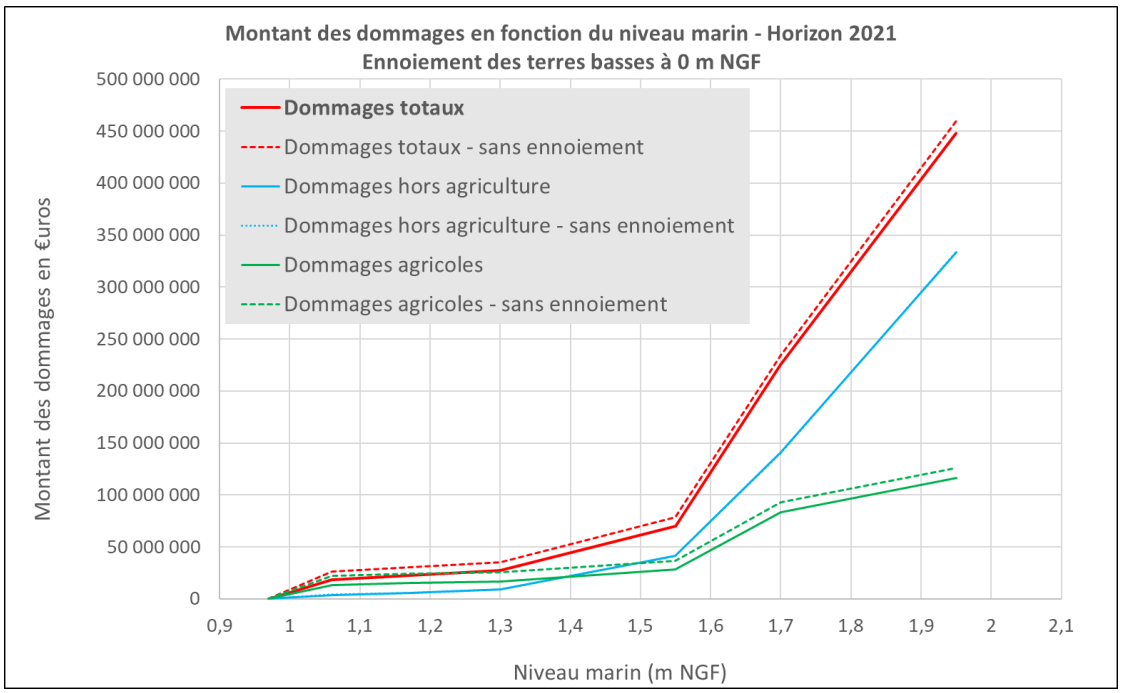


Figure 32 : montant des dommages en fonction du niveau marin, avec une hypothèse d'ennoiement permanent à 0 m NGF des terres basses

On remarque l'évolution exponentielle des dommages totaux et des dommages non agricoles. Le dommage non agricole devient prépondérant sur le dommage agricole à partir d'un niveau de 1,35 m NGF.

La prise en compte d'un ennoiement permanent à 0 m NGF n'influe que très peu sur le montant des dommages.

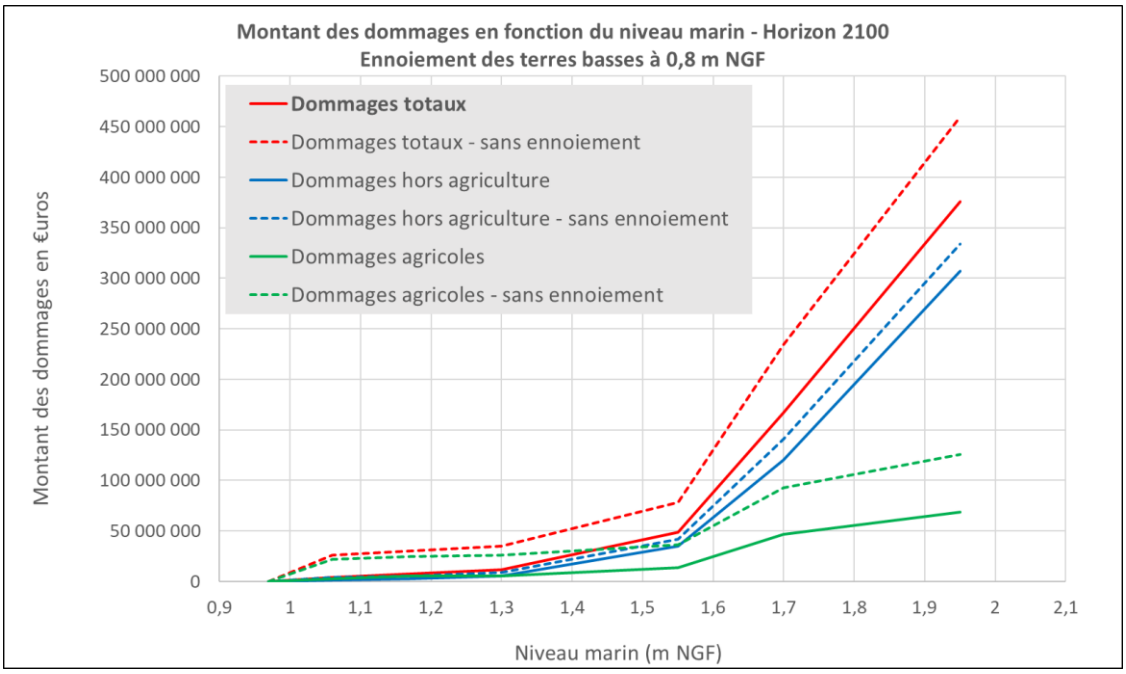


Figure 33 : montant des dommages en fonction du niveau marin, avec une hypothèse d'ennoiement permanent à 0,8 m NGF des terres basses

La prise en compte d'un ennoiement permanent à 0,8 m NGF a pour effet de réduire d'environ 25 M€ les dommages totaux et agricoles, jusqu'à un niveau marin de 1,55 m NGF.

A partir de 1,55 m NGF, les dommages totaux et agricoles sont réduits d'environ 50 M€.

Il n'y a presque aucun impact sur les dommages hors agriculture.

La répartition de ces dommages, par zonage PPRI (c'est-à-dire par centre urbain, autres zones urbanisées et zones non urbanisées), pour un ennoiement des terres basses à 0 m NGF, est la suivante :

Tableau 19 : Montant des dommages liés aux tempêtes <u>dans les centres urbains et autres zones urbanisées</u>, à l'horizon temporel actuel (2021)

	Montant des dommages (en euros) **<u>dans les centres urbains et autres zones urbanisées</u>** pour un niveau marin de tempête donné						
Niveau marin	**Aigues Mortes**	**Le Grau du Roi**	**Arles**	**Saintes Maries de la Mer**	**Port-Saint-Louis-du-Rhône**	**TOTAL**	**% par rapport au coût total des dommages**
0.97 mNGF	-	-	-	-	-	-	-
1.06 mNGF	-	877 603	-	328 802	864 413	2 070 818	*15%*
1.17 mNGF	-	1 524 170	-	913 273	952 364	3 389 807	*19 %*
1.3 mNGF	-	2 932 634	-	2 475 111	1 051 692	6 459 437	*28 %*
1.55 mNGF	-	3 811 263	13 346 858	2 825 689	12 936 649	32 920 468	*51 %*
1.7 mNGF	6 392 460	48 420 095	184 359*	18 211 680	31 615 187	104 823 781	*55 %*
1.95 mNGF	47 646 259	86 561 048	2 231 795*	63 458 687	59 608 440	259 506 229	*66 %*

** les modélisations des tempêtes avec un niveau marin de 1,7 m NGF et 1,95 m NGF sont réalisés en état dit « aménagé » avec une digue de protection au sud de Salin-de-Giraud (abandonnée en 2019), ce qui explique les « faibles » montants de dommages pour ces tempêtes à Arles ; les dommages à Salin de Giraud étant minorés.*

Les tableaux complets des dommages sont présentés en annexe (§10.3). Une représentation catographique et spatialisée des dommages est également présentée dans les annexes cartographiques.

4.3.3 <u>Nombre de personnes sinistrées</u>

Le nombre de personnes sinistrées associé à chaque tempête est présenté dans le tableau ci-dessous, à l'échelle globale du Delta du Rhône :

Tableau 20 : Nombre de personnes sinistrées lié aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses

			2021	2030	2050	2100 (scénarios GIEC)		
						SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Elévation du niveau marin (cm)			+ 0	+ 3	+ 15	+ 32	+ 50	+ 71
Niveau marin moyen (m NGF)			**0,2**	**0,23**	**0,35**	**0,52**	**0,7**	**0,91**
Niveau d'eau dans les terres basses (ennoiement permanent) (m NGF)			*0*	*0,03*	*0,15*	*0,32*	*0,5*	*0,71*
Niveau d'eau dans les terres basses retenu (ennoiement permanent) (m NGF)			**0**	**0**	**0,2**	**0,4**	**0,6**	**0,8**
Nombre de personnes sinistrées pour un niveau marin de tempête donné	0.97 mNGF	2014	0	0	0	0	0	0
	1.06 mNGF	1A	69	69	69	69	69	69
	1.17 mNGF	2A	108	108	108	106	92	85
	1.3 mNGF	3A	220	220	220	218	204	196
	1.55 mNGF	MOYEN ACTUEL	3158	3158	3158	3153	3127	2999
	1.7 mNGF	5C	7493	7493	7493	7483	7441	7207
	1.95 mNGF	7C	16 152	16 152	16 152	16 129	16 071	15 823

On retiendra que pour les tempêtes avec un niveau marin inférieur ou égal à 1,3 m NGF, le nombre de personnes sinistrées est inférieur à 250 personnes. Il augmente de façon exponentielle au-delà de cette cote pour atteindre environ 16 000 personnes pour une tempête avec un niveau marin de 1,95 m NGF.

Le nombre de personnes sinistrées en fonction du niveau marin, en état actuel, c'est-à-dire avec un ennoiement à 0 m NGF est présenté sur la figure ci-dessous. Pour le niveau marin extrême de 1,95 m NGF, les résultats sont présentés pour deux tempêtes différentes :

➔ La tempête (SWL ; Hs) = (1,95 ; 5,33) ;
➔ La tempête (SWL ; Hs) = (1,95 ; 8,75).

La seconde tempête est qualifiée d'exceptionnelle avec une période de retour de 1000 ans. Les paramètres Hs et SWL ont été considérés de façon indépendante pour cette tempête, de ce fait l'occurrence d'apparition de cette tempête est supérieure à 1000 ans. Elle n'est pas utilisée pour le calcul du DMA car trop pénalisante. En revanche, le nombre de personnes sinistrées est présenté pour cette tempête sur le graphique de droite.

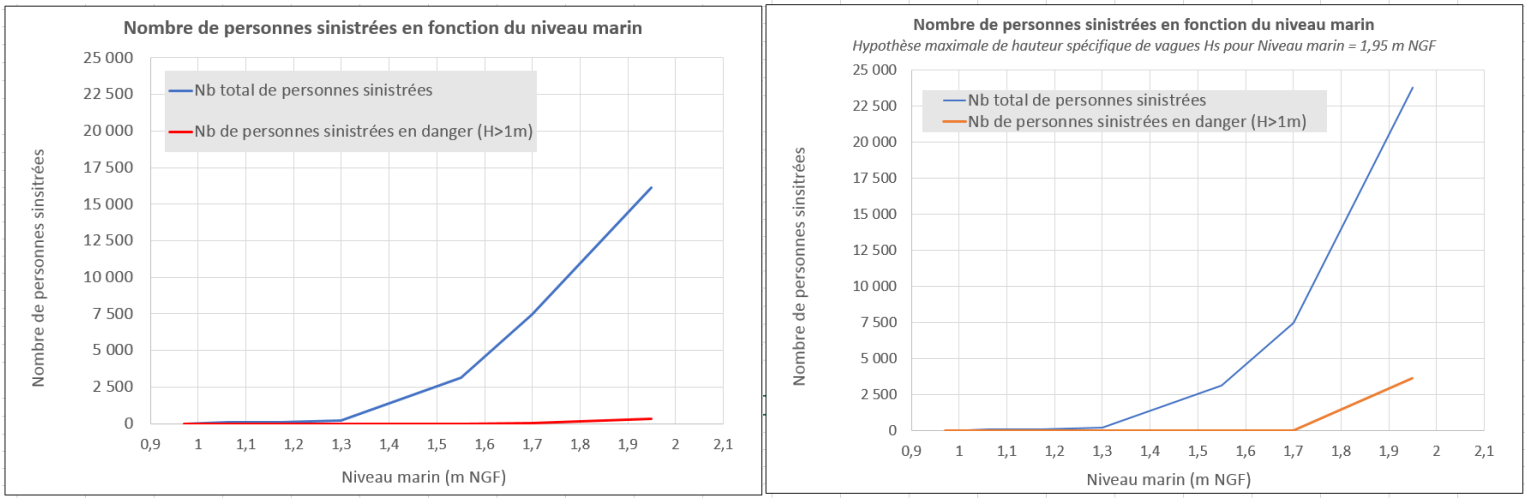


Figure 34 : Nombre de personnes sinistrées en cas de tempête en fonction du niveau marin, pour un ennoiement des terres basses à 0 m NGF

Les tableaux complets des personnes sinistrées sont présentés en annexe (§10.3).

4.3.4 Nombre de personnes sinistrées en danger

Selon l'arrêté EDD 2017, les personnes sinistrées sont considérées en danger lorsqu'elles sont atteintes par un niveau d'eau supérieur à 1 mètre.

Le nombre de personnes sinistrées en danger associé à chaque tempête est présenté dans le tableau ci-dessous, à l'échelle globale du Delta du Rhône :

Tableau 21 : Nombre de personnes sinistrées en danger lié aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses

			2021	2030	2050	2100 (scénarios GIEC)		
						SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Elévation du niveau marin (cm)			+ 0	+ 3	+ 15	+ 32	+ 50	+ 71
Niveau marin moyen (m NGF)			**0,2**	**0,23**	**0,35**	**0,52**	**0,7**	**0,91**
Niveau d'eau dans les terres basses (ennoiement permanent) (m NGF)			*0*	*0,03*	*0,15*	*0,32*	*0,5*	*0,71*
Niveau d'eau dans les terres basses retenu (ennoiement permanent) (m NGF)			**0**	**0**	**0,2**	**0,4**	**0,6**	**0,8**
Nombre de personnes sinistrées en danger pour un niveau marin de tempête donné	0.97 mNGF	2014	0	0	0	0	0	0
	1.06 mNGF	1A	0	0	0	0	0	0
	1.17 mNGF	2A	0	0	0	0	0	0
	1.3 mNGF	3A	0	0	0	0	0	0
	1.55 mNGF	MOYEN ACTUEL	4	4	4	4	2	0
	1.7 mNGF	5C	13	13	13	11	10	7
	1.95 mNGF	7C	319	319	319	311	272	194

Le nombre de personnes en danger reste faible jusqu'à des niveaux de tempêtes importantes (jusqu'à SWL = 1,7 m NGF). Pour la tempête extrême d'un niveau de 1,95 m NGF, le nombre de personnes en danger est de 300 personnes environ.

4.3.5 Emplois impactés

Le nombre d'emplois impactés associé à chaque tempête est présenté dans le tableau ci-dessous, à l'échelle globale du Delta du Rhône :

Tableau 22 : Nombre d'emplois impactés lié aux tempêtes pour différents horizons temporels, avec prise en compte de l'élévation du niveau marin, et de l'ennoiement permanent des terres basses

			2021	2030	2050	2100 (scénarios GIEC)		
						SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Elévation du niveau marin (cm)			+ 0	+ 3	+ 15	+ 32	+ 50	+ 71
Niveau marin moyen (m NGF)			**0,2**	**0,23**	**0,35**	**0,52**	**0,7**	**0,91**
Niveau d'eau dans les terres basses (ennoiement permanent) (m NGF)			*0*	*0,03*	*0,15*	*0,32*	*0,5*	*0,71*
Niveau d'eau dans les terres basses retenu (ennoiement permanent) (m NGF)			**0**	**0**	**0,2**	**0,4**	**0,6**	**0,8**
Nombre d'emplois impactés pour un niveau marin de tempête donné	0.97 mNGF	2014	0	0	0	0	0	0
	1.06 mNGF	1A	62	62	62	58	58	42
	1.17 mNGF	2A	87	87	87	83	83	58
	1.3 mNGF	3A	193	193	193	189	189	163
	1.55 mNGF	MOYEN ACTUEL	921	921	921	917	913	854
	1.7 mNGF	5C	2 977	2 977	2 976	2 968	2 919	2 759
	1.95 mNGF	7C	6 177	6 177	6 176	6 168	6 118	5 955

Le nombre d'emplois impactés en fonction du niveau marin, en état actuel, c'est-à-dire avec une hypothèse d'ennoiement des terres basses à 0 m NGF est présenté sur la figure ci-dessous. Pour le niveau marin extrême de 1,95 m NGF seule la tempête (SWL ; Hs) = (1,95 ; 5,33) est considérée (les résultats étant proches de ceux de la tempête (SWL ; Hs) = (1,95 ; 8,75).

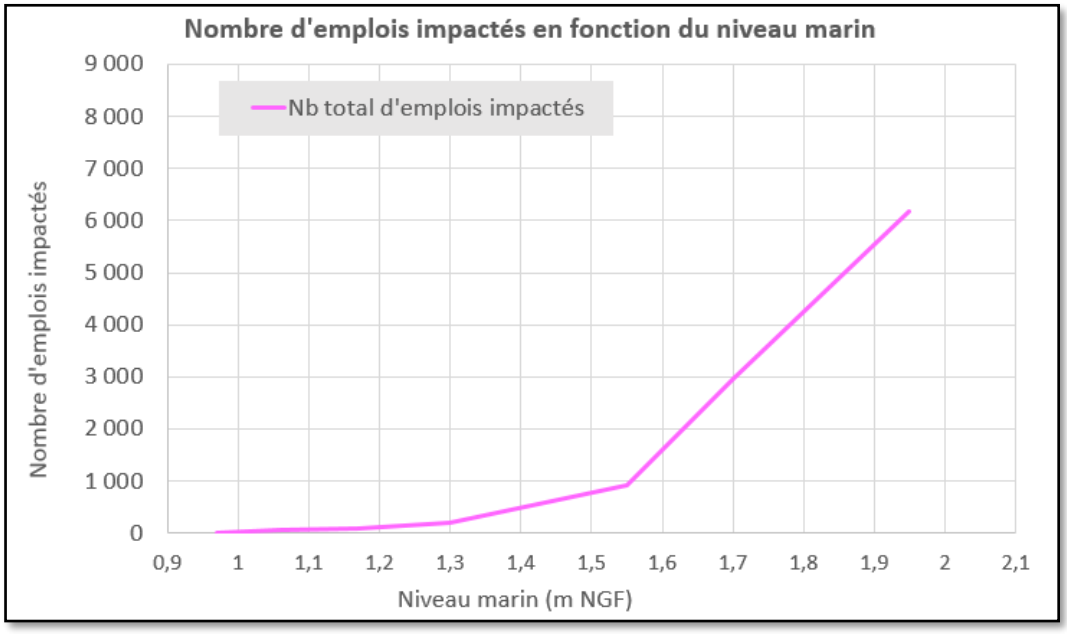


Figure 35 : Nombre d'emplois impactés en cas de tempêtes en fonction du niveau marin, pour un ennoiement des terres basses à 0 m NGF

Les tableaux complets des emplois impactés sont présentés en annexe (§10.3).

4.3.6 Dommage Moyen Annuel (DMA)

Le DMA correspond à l'espérance annuelle mathématique de la variable aléatoire « dommage ». Il s'agit d'une moyenne du dommage pondérée par les probabilités d'apparition annuelle de chaque tempête.

« Le DMA permet de synthétiser les dommages subis par un territoire en tenant compte des différents évènements d'inondations [par submersion marine dans notre cas] qui peuvent s'y produire. Il intègre, pour chaque type d'événement (événement fréquent à très rare), les dommages qui lui sont associés.

Ces dommages sont pondérés en fonction de la fréquence de l'événement.

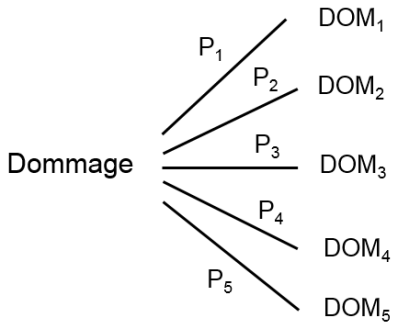
La situation réelle modélisée en croisant les périodes de retour de l'aléa et les dommages associés est alors équivalente en termes de dommages à une situation fictive dans laquelle chaque année un dommage moyen se produit, le DMA.

Le DMA exprime ainsi ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des évènements d'inondations possibles, et correspond donc à ce qui devrait être provisionné (en intégrant l'actualisation) chaque année pour faire face aux dommages éventuels ». (*extrait du « Guide Méthodologique 2018 – Analyse multicritère des projets de prévention des inondations » Comissariat général au développement durable – Ministère de la Transition Ecologique et solidaire).*

Le DMA est calculé avec la formule suivante :

$$DMA = \sum_{i=1}^{n} P_i . DOM_i \ \ avec \sum_{i=1}^{n} P_i = 1$$

A chaque tempête d'occurrence Ti (et de probabilité Pi) est associé un montant des dommage DOMi. Le DMA est la somme de chaque dommages DOMi, pondérée par la probabilité de survenue de la tempête Pi.



Pour chaque occurrence T, on défini une coupure [T1 ; T2]. La probabilité associée à chaque coupure est définie de la façon suivante :

$$P_{coupure} = 1/T_i - 1T_{i+1}$$

Ce calcul est effectué pour différents horizons temporels, puisque la probabilité liée à un niveau marin évolue avec l'élévation du niveau marin. Le détail pour chaque horizon temporel considéré est présenté dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 23 : Détail du calcul du DMA pour l'ensemble des hozirons temporels considérés

Année 2021					
H	**T**	**T1**	**T2**	Proba **Coupure**	**DOM total**
0,97	3,5		6,75	0,852	0
1,06	10	6,75	20	0,098	1 807 898
1,17	30	20	65	0,035	771 077
1,3	100	65	327,5	0,012	335 994
1,55	555	327,5	1110,5	0,002	151 331
1,7	1666	1110,5		0,001	202 980
DMA 2021 = 3,3 M €				1	3 269 281

Année 2030					
H	**T**	**T1**	**T2**	Proba **Coupure**	**DOM total**
0,97	2,7		5,3	0,810	0
1,06	7,8	5,3	15,1	0,124	2 284 663
1,17	22,3	15,1	44,3	0,044	976 702
1,3	66,2	44,3	250,5	0,019	506 991
1,55	434,8	250,5	1050,4	0,003	213 682
1,7	1666	1050,4		0,001	214 593
DMA 2030 = 4,2 M €				1	4 196 632

Année 2050				Proba	
H	**T**	**T1**	**T2**	**Coupure**	**DOM total**
0,97	1,5		3,0	0,661	0
1,06	4,4	3,0	7,9	0,212	2 945 113
1,17	11,4	7,9	21,8	0,081	1 429 022
1,3	32,1	21,8	122,5	0,038	856 445
1,55	212,8	122,5	439,8	0,006	391 497
1,7	666,7	439,8		0,002	497 924
DMA 2050 = 6,1 M €				1	6 120 001

Année 2100 hypothèse + 44 cm					
H	**T**	**T1**	**T2**	Proba **Coupure**	**DOM total**
0,97	0,9		1,6	0,375	0
1,06	2,3	1,6	3,3	0,317	3 250 031
1,17	4,2	3,3	6,4	0,151	2 116 597
1,3	8,6	6,4	21,5	0,110	2 027 217
1,55	34,4	21,5	67,2	0,032	1 911 191
1,7	100	67,2	407,2	0,012	2 573 299
1,95	714,3	407,2		0,002	1 054 137
DMA 2100 = 12,9 M €				1	12 932 471

Année 2100 hypothèse + 56 cm					
H	**T**	**T1**	**T2**	Proba **Coupure**	**DOM total**
0,97	0,9		1,55	0,355	0
1,06	2,2	1,55	3,05	0,317	1 738 553
1,17	3,9	3,05	5,1	0,132	1 201 290
1,3	6,3	5,1	11,05	0,106	1 359 985
1,55	15,8	11,05	29,45	0,057	3 034 198
1,7	43,1	29,45	173,05	0,028	5 321 945
1,95	303	173,05		0,006	2 345 753
DMA 2100 = 15 M €				1	15 001 724

Année 2100 hypothèse + 77 cm				Proba	
H	**T**	**T1**	**T2**	**Coupure**	**DOM total**
0,97	0,9		1,6	0,355	0
1,06	2,2	1,6	3,1	0,317	1 353 649
1,17	3,9	3,1	4,8	0,117	919 097
1,3	5,6	4,8	6,3	0,051	572 721
1,55	6,9	6,3	9,2	0,051	2 491 683
1,7	11,5	9,2	35,0	0,080	13 370 239
1,95	58,5	35,0		0,029	10 734 594
DMA 2100 = 29,4 M €				1	29 441 984

Pour les années 2021 à 2100 (hypothèse + 44 cm), c'est la tempête avec un niveau marin de 1,06 m NGF (soit la tempête aujourd'hui décennale) qui contribue le plus fortement au Dommage Moyen Annuel. Pour l'horizon 2100 avec les hypothèses +56 et +77 cm, c'est la tempête avec le niveau marin de 1,7 m NGF (soit une occurrence en 2100 respectivement de l'ordre de 10 ans et 40 ans) qui contribue le plus fortement au DMA.

Les résultats sont présentés sous forme de diagramme circulaire sur la figure suivante :

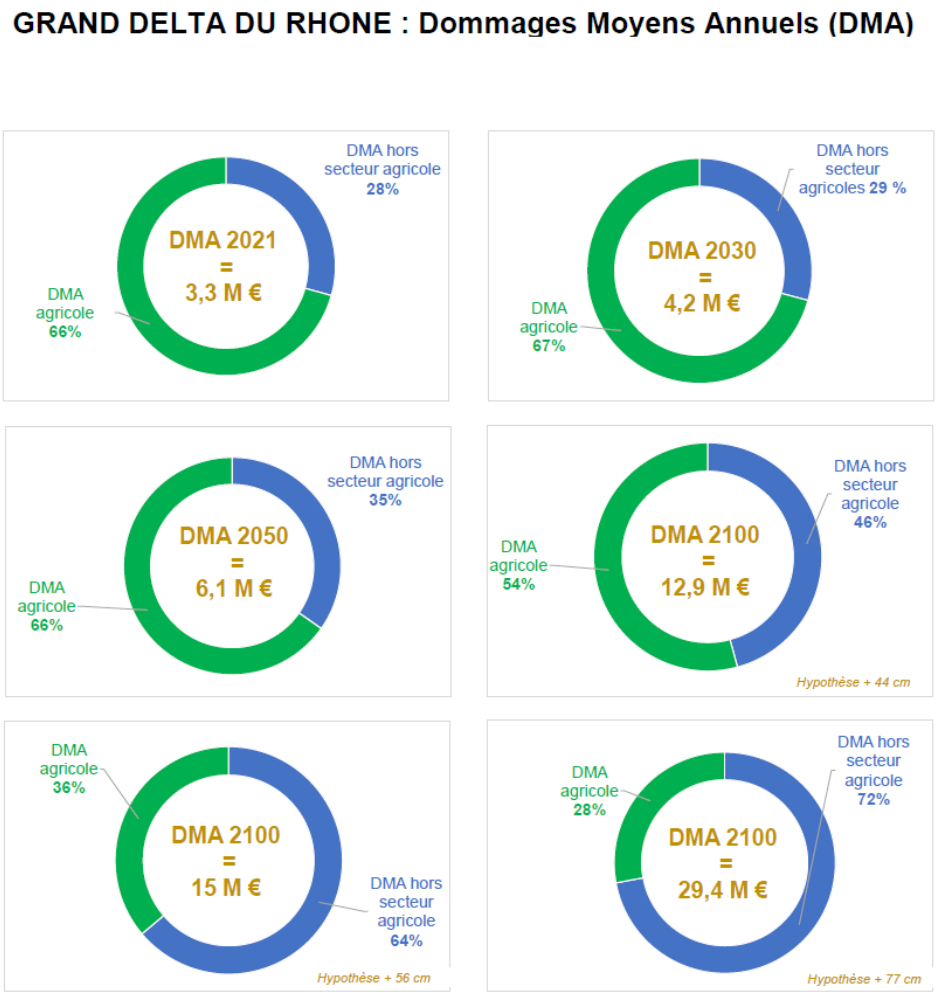


Figure 36 : Dommages moyens annuels à l'échelle du Grand Delta du Rhône, répartition entre dommages agricoles et non agricoles

Les résultats sont présentés sous forme de graphique sur la figure ci-dessous. La valeur retenue pour 2100 est la moyenne des 3 scénarios (élévation du niveau marin de + 44, +56 et + 77 cm).

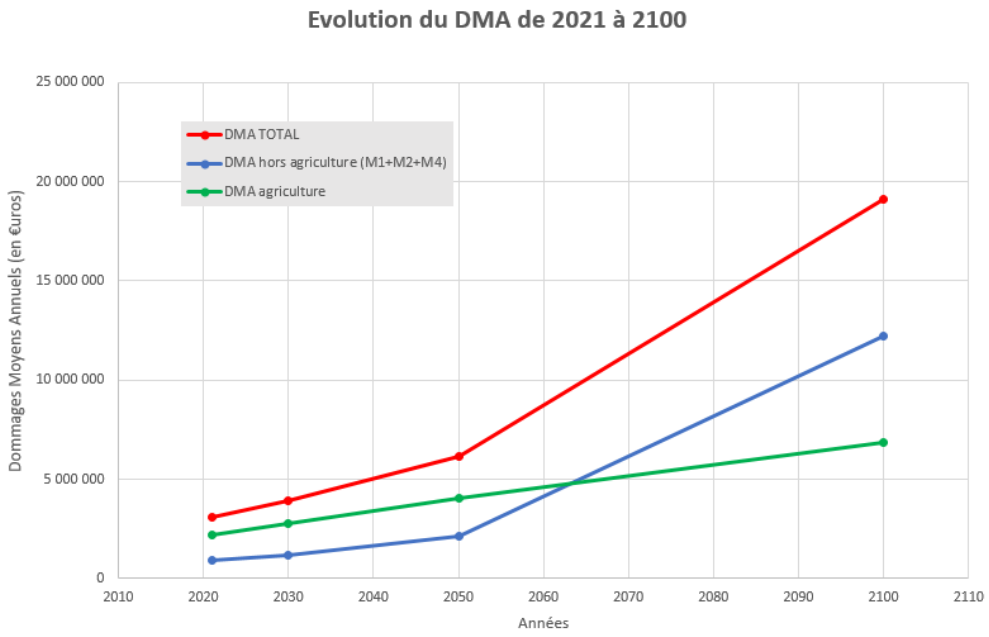


Figure 37 : Evolution du dommage moyen annuel, entre 2021 et 2100, répartition entre dommages agricoles et non agricoles

On observe « peu » d'évolution du dommage moyen annuel entre aujourd'hui et 2030. Pour ces dates, les dommages sont essentiellement agricoles. Puis à partir de 2050 le DMA augmente de façon importante. A partir de 2070, le dommage hors agricole, c'est-à-dire le dommage aux logements, entreprises et établissements publics, devient supérieur au dommage agricole.

Dit autrement, les dommages liés à la submersion marine concerneront principalement, dans les 30-40 prochaines années, les terres agricoles. Puis dans les décennies qui suivront, du fait de l'élévation du niveau marin, et de sa conséquence sur l'augmentation de la fréquence d'atteinte des niveaux marins extrêmes, les dommages liés à la submersion marine concerneront principalement les logements et entreprises. A partir de 2050, l'évolution des dommages est exponentielle.

Ce même dommage moyen annuel est présenté ci-dessous selon un autre découpage : il s'agit de distinguer les dommages concernant les centres urbains, de ceux concernant les autres zones urbanisées et les zones non urbanisées.

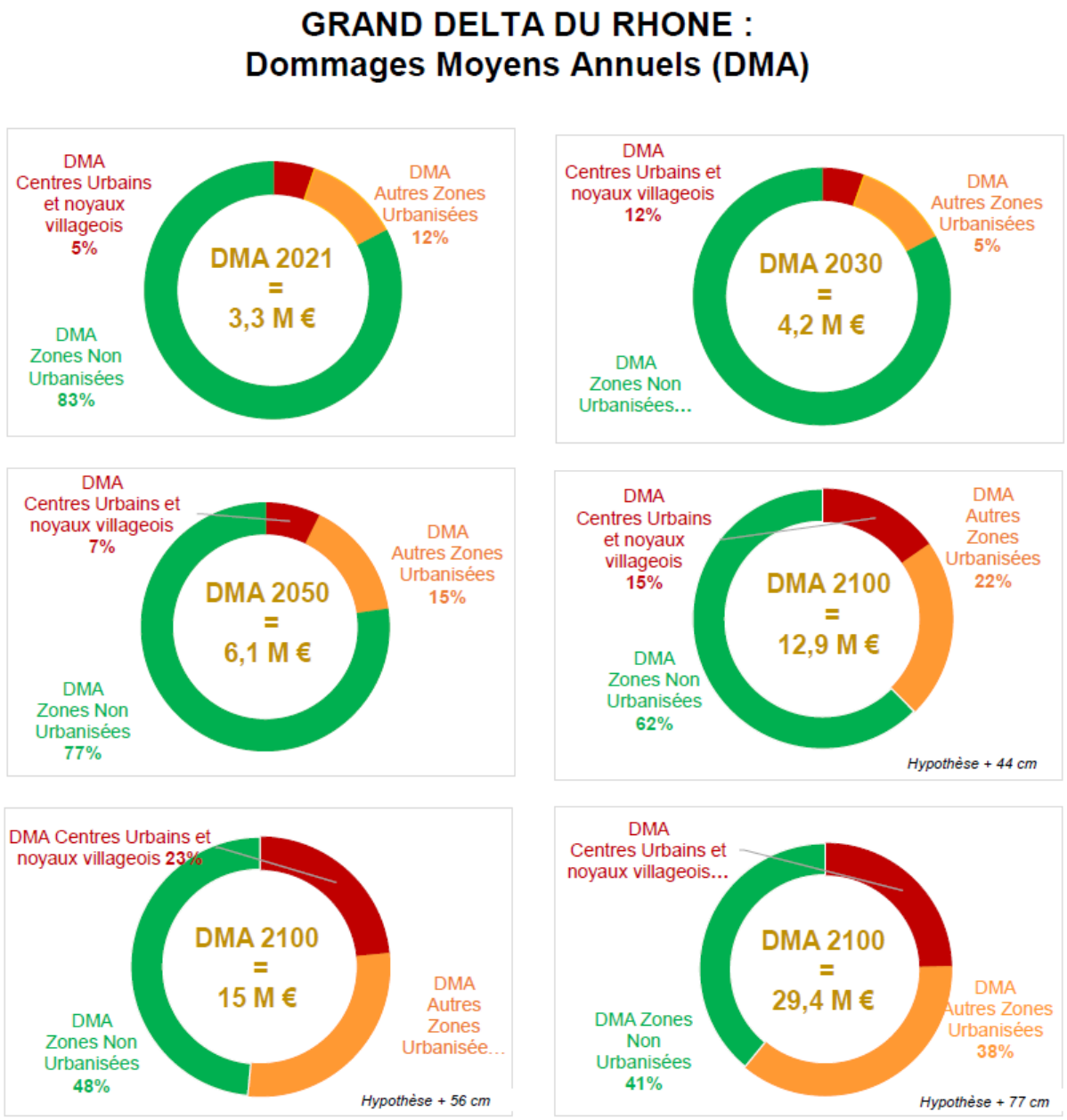


Figure 38 : Dommages moyens annuels à l'échelle du Grand Delta du Rhône, répartition des dommages entre centres urbains, autres zones urbanisées et zones non urbanisées

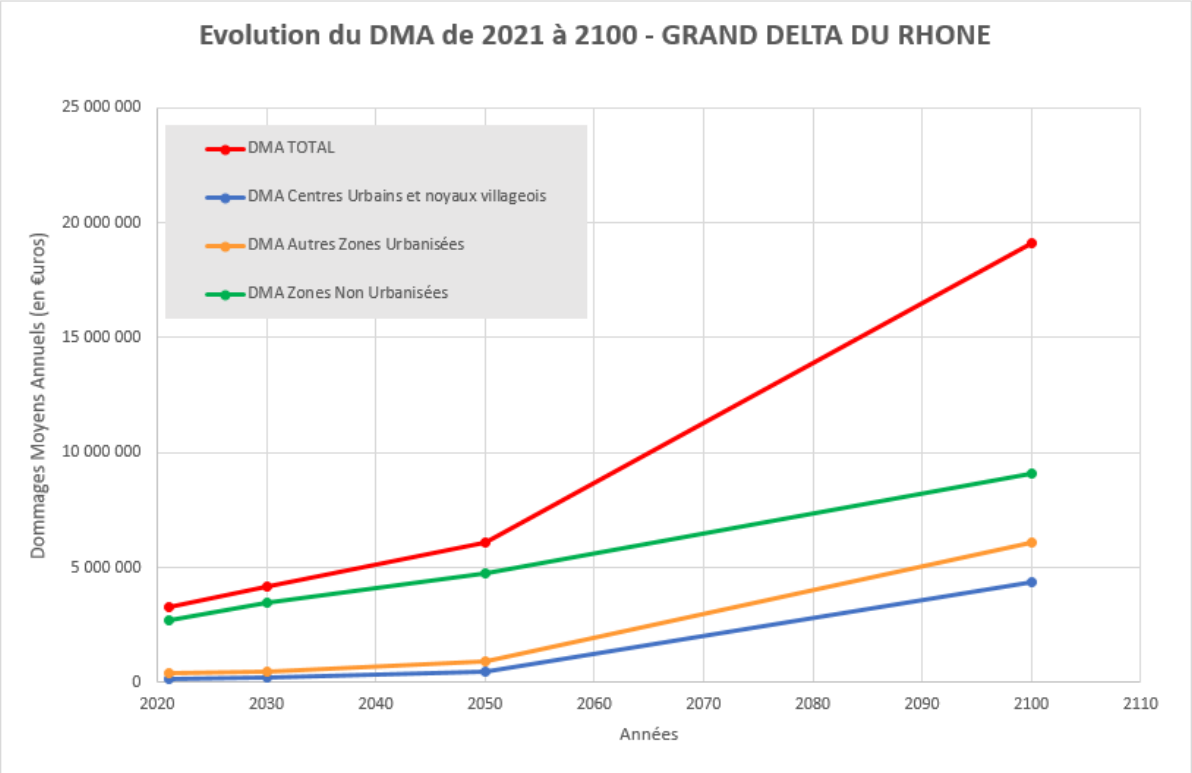


Figure 39 : Evolution du dommage moyen annuel, entre 2021 et 2100, répartition des dommages entre centres urbains, autres zones urbanisées et zones non urbanisées

La part de dommage moyen annuel (DMA) en centre urbain et autres zones urbanisées est aujourd'hui relativement faible, elle représente 17 % du DMA total, soit environ 0,6 M€. Il augmente à 1,4 M€ en 2050 en restant dans une proportion faible (de l'ordre de 30 % du total). En revanche, en 2100, le DMA en centre urbain représente 38 à 63 % du DMA total pour un montant compris entre 4,8 et 18,7 millions d'euros, soit 10 à 30 fois plus qu'aujourd'hui.

Les dommages moyens annuels par zone protégée et par communes sont présentés en annexe (§ 10.3).

On peut distinguer plusieurs catégories de communes :

- Les communes avec une frontière littorale, ou très proches de la mer, où les dommages moyens annuels (DMA) atteignent plusieurs millions, et les centres urbains ou autres zones urbanisées subissent également des dommages. Il s'agit du Grau-du-Roi, de Aigues-Mortes, des Saintes-Maries de la Mer, d'Arles et de Port-Saint-Louis-du-Rhône. Le montant du DMA y est exponentiel à partir de 2050 ;
- Les autres communes pour lesquelles le DMA ne concerne que les zones non-urbanisées, parmi celles-ci, on distingue :
    - Vauvert, Saint-Laurent d'Aigouze, où les DMA dans les hypothèses les plus pessimistes en 2100 atteignent quasiment ou dépasse le million d'euros. Les dommages augmentent de façon exponentielle à partir de 2050 ;
    - Le Cailar et Saint Gilles, où les DMA dépassent 50 000 € selon les hypothèses ;
    - Beauvoisin, Aimargues, Fontvieille, Maussane les Alpilles, Mouriès, Le Paradou où les montants restent faibles, même en 2100. Les dommages pour ces

communes proviennent essentiellement de l'application d'une condition initiale (niveau d'eau) dans les terres basses lors de la modélisation. Du fait de l'élévation du niveau marin, le DMA atteint un pic et décroit au fur et à mesure de l'ennoiement permanent des terres basses, sur lesquels les dommages ne sont pas comptabilisés.

Le DMA s'élève, aujourd'hui, à 3,3M€ avec 0,6 M€ de DMA pour les zones urbanisées (Centres urbains + autres zones urbanisées) et 2,7 M€ de DMA pour les zones non urbanisées.

Le poids de chaque commune pour ce DMA est donné dans les graphiques ci-dessous.

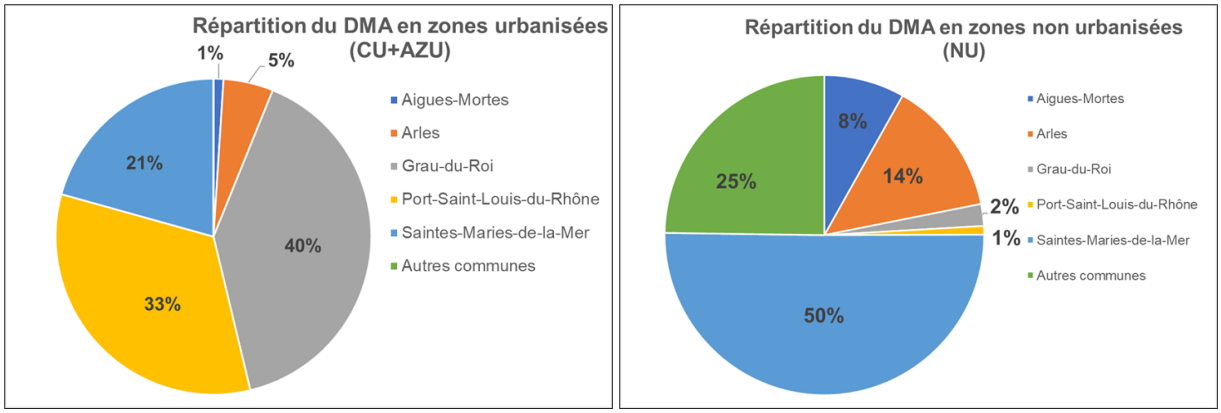


Figure 40 : Répartition du DMA, à horizon 2021, en zones urbanisées (CU+AZU), *à gauche*, et en zones non urbanisées (NU), *à droite*, par commune

En zones urbanisées (CU+AZU) ; les communes du Grau-du-Roi, de Port-Saint-Louis-du-Rhône et d'Aigues-Mortes, se partagent 85 % des dommages.

En zones non urbanisées, la moitié des dommages sont causés sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer.

A horizon 2100 (+ 56 cm), le DMA évolule de 3,3 M€ à 15 M€ avec des DMA pour les zones urbanisées et non urbanisées quelque peu similaires.
Le poids communal du DMA suit la même tendance qu'aujourd'hui.

Les graphiques de la répartition du DMA en zones urbanisées et non urbanisées par commune sont présentés en annexe (§ 10.3).

4.3.7 Nombre Moyen Annuel d'enjeux en zone inondable (NMA)

A l'instar du DMA, il est utile de calculer, pour les enjeux non monétarisés, un NMA, c'est-à-dire un Nombre Moyen Annuel (NMA) d'enjeux en zone inondable [lié à la submersion marine]. Il correspond à la moyenne du nombre d'enjeux situés en zone inondable pour l'ensemble des scénarios d'inondations possibles [par submersion marine], pondérée par la probabilité d'occurrence de ces scénarios ». (*Extrait du « Guide Méthodologique 2018 – Analyse multicritère des projets de prévention des inondations » Comissariat général au développement durable – Ministère de la Transition Ecologique et solidaire).*

Le NMA exprime ainsi le nombre moyen d'enjeux inondés par an.

Il est calculé de la même manière que le DMA (§ 4.3.6) pour les 3 enjeux non monétarisés suivants :

- Personnes sinistrées ;
- Personnes sinistrées en danger (la personne est considérée en danger lorsque le niveau d'eau est supérieur à 1m)
- Emplois
- .

Les résultats sont présentés sous forme de graphiques sur la figure suivante pour les personnes sinistrées et les emplois : La valeur retenue pour 2100 est la moyenne des 3 scénarios (élévation du niveau marin de + 44, +56 et + 77 cm).

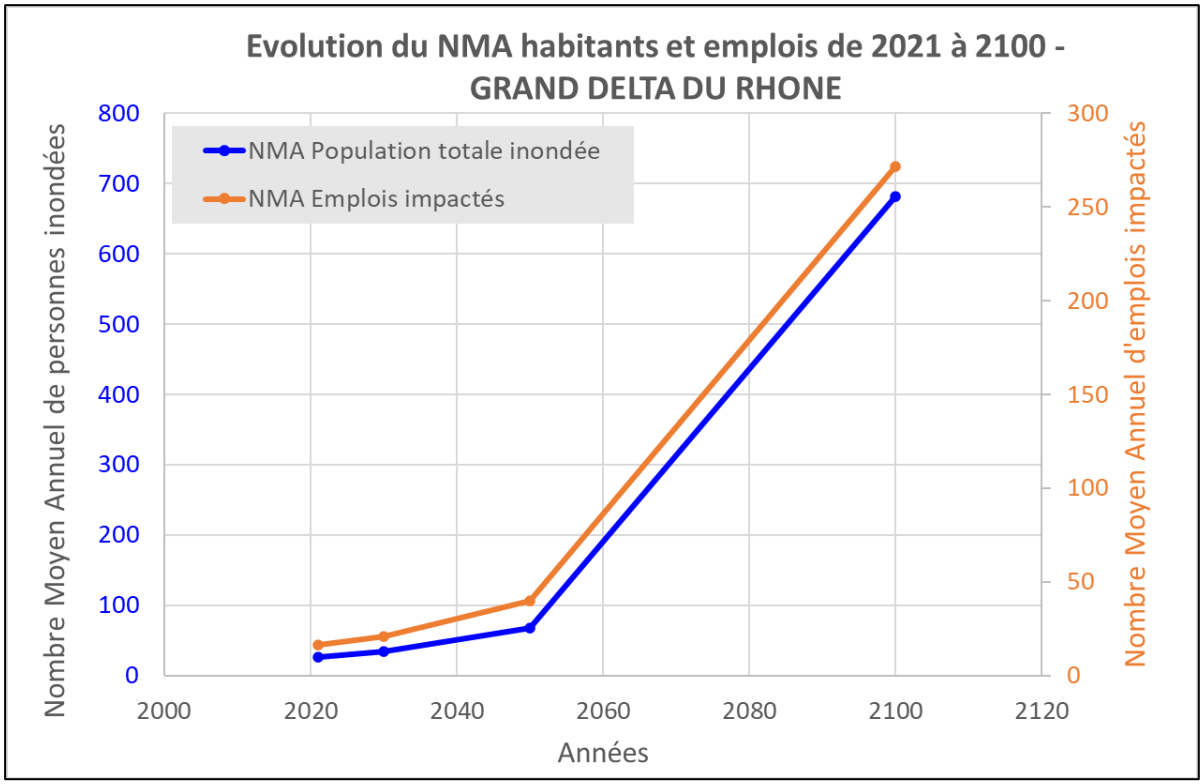


Figure 41 : Evolution du NMA habitants et emplois, entre 2021 et 2100

On observe une faible évolution du nombre moyen annuel d'habitants et d'emplois en zone inondable entre aujourd'hui et 2030. Puis à partir de 2050, le NMA augmente de façon exponentielle.

Les NMA par zone protégée et par communes sont présentés en annexe (§ 10.3).

Les communes suivantes ont une partie de leur population et leurs emplois exposée pour la plupart des tempêtes étudiées : Aigues-Mortes, Arles, le Grau-du-Roi, les Saintes-Maries-de-la-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône.

La population et les emplois sur la commune de Vauvert et de Saint-Laurent d'Aigouze ne sont impactés que pour les extrêmes. Les enjeux touchés ne se situent que dans des zones non urbanisées.

4.4 LIMITES DE LA METHODE

L'objectif de ce paragraphe était de calculer le montant du Dommage moyen annuel – en millions d'euros - lié à la submersion marine, qui correspond à la moyenne du dommage pondérée par les probabilités d'apparition annuelle de chaque tempête. Pour ce faire, plusieurs hypothèses simplificatrices ont été prises. Elles sont récapitulées ci-dessous :

- L'application d'une élévation du niveau marin à l'heure actuelle de + 20 cm, conformément au guide méthodologique PPRL, est plutôt **pessimiste**, puisqu'elle nous amène plutôt à un niveau qui sera atteint sur la période (2040-2050). cf. § 3.4. Cette hypothèse entraine donc une **surestimation** des dommages ;

- La méthode utilisée pour l'estimation de la modification des occurrences des tempêtes est plutôt **optimiste**. En effet, en fonction du couple (SWL, HS) que l'on considère sur la courbe d'isopériode de retour, l'occurrence de la combinaison (SWL, Hs), après élévation du niveau marin, change. Il n'y a pas une tempête d'une occurrence donnée qui va se « transformer » en une tempête d'une autre occurrence. Tout dépendra si l'occurrence de l'évènement est essentiellement liée à sa hauteur de vagues spécifiques ou a contrario liée à son niveau marin. Dans le premier cas, la tendance de montée des eaux aura peu d'incidence. Dans le second cas, la période de retour diminuera sensiblement (cf. § 3.6). Les tempêtes disponibles pour les calculs sont plutôt des tempêtes avec des hauteurs de vagues importantes. Cette hypothèse entraine donc une **sous-estimation** des dommages ;

- L'estimation de la modification de l'occurrence des tempêtes se base sur l'hypothèse que seul le niveau marin va changer dans le futur (mais pas les hauteurs spécifiques de vagues), que le régime des phénomènes météorologiques à l'origine des tempêtes restera identique, et que l'augmentation du niveau marin anticipée à l'échelle mondiale est valable pour la Méditerranée ;

- L'hypothèse d'ennoiement des terres basses avec un delta de l'ordre de 10 à 20 cm avec le niveau marin est une **hypothèse forte**. Cf. § 0. Les enjeux ennoyés de façon permanente n'étant pas pris en compte dans le calcul des dommages, cette hypothèse entraine une **sous-estimation** des dommages ;

- Pour le calcul du Dommage Moyen Annuel (DMA) qui correspond à la moyenne du dommage pondérée par les probabilités d'apparition annuelle de chaque tempête, le dommage monétaire lié à la tempête de 2014 est considéré nul. Nous ne disposons pas de données permettant de valider ou invalider cette hypothèse, qui est une hypothèse **optimiste**, puisque la prise en compte de dommages pour cette tempête augmenterait le dommage moyen annuel. Cette hypothèse tend donc à **sous-estimer** le montant du dommage moyen annuel ;

- Le nombre de modélisations disponibles pour mener l'analyse étant limité, des hypothèses simplificatrices ont été prises pour le calcul des dommages liés à chaque

tempête, combiné à différents niveaux d'ennoiement des terres basses. En fonction des scénarios considérés, les dommages sont **surestimés ou sous-estimés**.Cf. § 0.

- Le calcul du Dommage Moyen Annuel ne tient pas compte de la probabilité d'inondation par rupture des ouvrages de protection existant. Cette hypothèse est **optimiste**, et entraîne une **sous-estimation** du dommage moyen annuel.

- Le phénomène de subsidence du delta n'est pas pris en compte. Cela entraîne également une **sous-estimation** du dommage moyen annuel.

Les hypothèses prises en compte entrainent, pour la grande majorité, une sous-estimation du dommage moyen annuel actuel et à venir. Ce dernier pourra être ré-évalué en fonction des nouveaux éléments d'étude que nous lançerons dans le cadre de la démarche.

4.5 BILAN

On retiendra que dans l'hypothèse forte et maximaliste d'un ennoiement permanent à 1 m NGF des terres basses, environ 1700 logements seraient inondés, ainsi que 700 entreprises et 55 000 ha de parcelles agricoles.

Pour rappel, le nombre d'individes exposés aux autres risques est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 24 : comparaison du nombre d'individus exposés aux différents risques

	SUBMERSION MARINE (T1000 à 2100)	SUBMERSION MARINE (T15 à 2100)	ENNOIEMENT PERMANENT Hypothèse intermédiaire à 0,4 m NGF	ENNOIEMENT PERMANENT Hypothèse forte à 1 m NGF	EROSION COTIERE (Max 2100)
Individus	32 000	3 000	25	1 600	400

On voit que le risque principal, au regard du nombre d'enjeux touchés, est la submersion marine, quelque soit l'occurrence des tempêtes.

Le calcul du montant du Dommage moyen annuel – en millions d'euros - lié à la submersion marine correspond à la moyenne du dommage pondérée par les probabilités d'apparition annuelle de chaque tempête a montré que dans un premier temps les dommages seront essentiellement agricoles et stables dans le temps. Puis à partir de 2050, l'évolution des dommages est exponentielle. A partir de 2070, le dommage aux logements et entreprises devient supérieur au dommage agricole.

En effet, de dommage moyen lié à la submersion marine présente la particularité d'augmenter dans le temps : en 2100 le dommage moyen annuel sera plus élevé qu'aujourd'hui puisque l'élévation du niveau marin a pour conséquence de rendre plus fréquente, l'occurrence d'apparition des niveaux extrêmes, à l'origine des submersions marine. Le dommage moyen annuel est aujourd'hui de 3,3 millions d'euros, il sera, selon les hypothèses retenues ci-avant,

de 6,1 millions d'euros en 2050 et sera compris entre 13 et 30 millions d'euros 2100, en fonction du taux d'émission de CO2 (en lien direct avec l'élévation du niveau marin).

A titre de comparaison, le dommage moyen annuel lié à l'inondation par le Rhône sur le Delta est de 8,6 millions d'euros (fin 2022, après la fin des travaux de sécurisation du Site Industrialo Portuaire de Beaucaire et du Site Industrialo Fluvial de Tarascon) et sera de 3,4 millions d'euros après la réalisation des travaux de confortement des digues du Petit Rhône et du Grand Rhône aval. Il était de 22 millions d'euros en 2007, avant le démarrage du programme de sécurisation des digues du delta du Rhône.

Ainsi, l'aléa inondation fluvial est aujourd'hui prépondérant sur l'aléa submersion marine. En 2030, les deux aléas seront au même niveau (dommage moyen annuel de 3,4 M€ sur le fleuve et 3,9 M€ pour la mer. Puis, sans programme d'aménagement sur le littoral, cette tendance va s'inverser dans les années à venir, et la submersion marine deviendra plus couteuse que l'inondation par le Rhône pour le territoire.
L'analyse de la répartition de la part de dommage moyen annuel (DMA) en centre urbain et autres zones urbanisées montre qu'elle est aujourd'hui relativement faible (17 % du DMA total, soit environ 0,6 M€). Sans aménagement sur le littoral, cette part augmentera avec les années pour atteindre 38 à 63 % du DMA, pour un montant compris entre 4,8 et 18,7 millions d'euros, soit 10 à 30 fois plus qu'aujourd'hui.

5 EXPOSITION DU TERRITOIRE AUX PHENOMENES D'EROSION ET D'ACCRETION DU TRAIT DE COTE

5.1 CELLULES HYDROSEDIMENTAIRES

L'évolution du littoral est liée à des mouvements de sédiments qui s'opèrent à différentes échelles de temps et d'espace. La cellule hydrosédimentaire est ainsi un concept permettant d'identifier, à une échelle donnée, des compartiments du littoral qui peuvent être décrits et analysés de manière autonome sur le plan des transports sédimentaires *(source : [L202]).*

Les limites de la cellule définissent la zone géographique dans laquelle le budget sédimentaire peut être calculé, ce qui donne le cadre pour une analyse quantitative de l'érosion et de la sédimentation. Entre deux cellules voisines, les échanges sont faibles voire nuls ou inférieurs à ceux réalisées à l'intérieur même de la cellule. On admet donc que sous l'action des facteurs naturels (houles, vents…), le sable reste à l'intérieur de la cellule ou sort définitivement du système littoral (perte au large, à terre…). […]. En termes de pratique et de gestion, la cellule sédimentaire côtière se situe dans un cadre composé de trois zones géographiques : le bassin-versant, la ligne de côte et l'environnement marin proche de la côte *(source : Observatoire de la côte sableuse catalane - ObsCat – glossaire).*

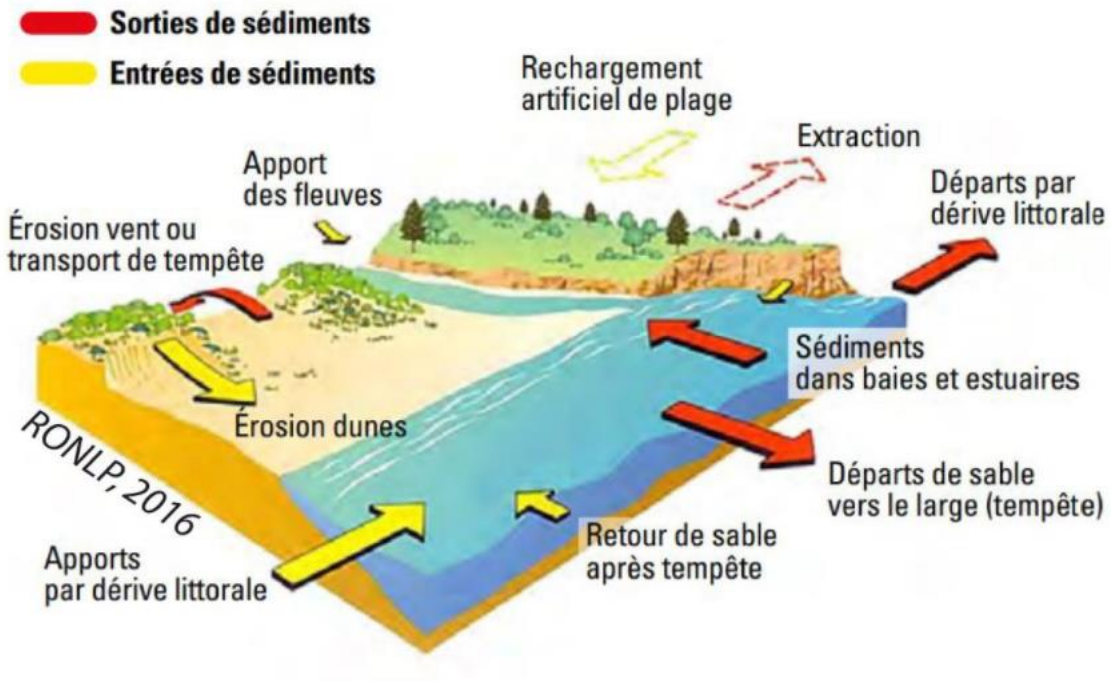


Figure 42 : Echange sédimentaire au sein d'une cellule hydrosédimentaire (source : ObsCat)

Les cellules hydrosédimentaires présentes sur le périmètre de la stratégie littorale sont au nombre de 5. Elles sont représentées sur la figure suivante :

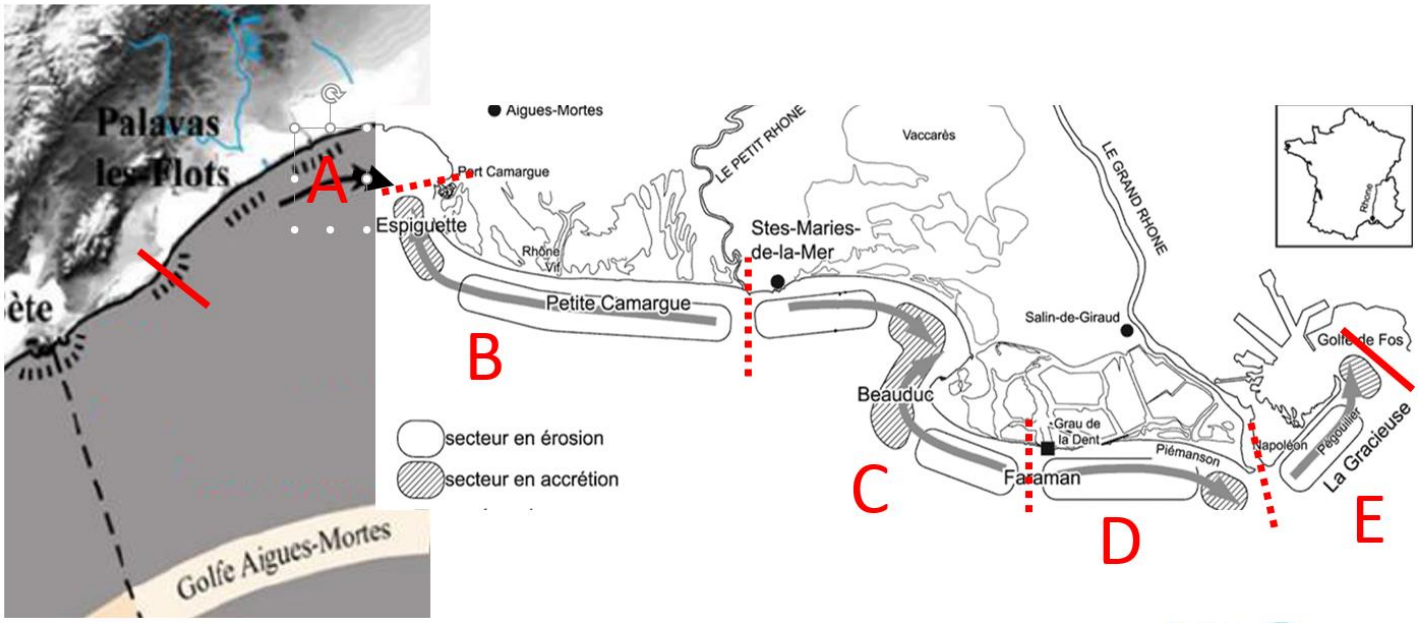


Figure 43 : Les cellules hydrosédimentaires du Grand Delta du Rhône (source : Sabatier [L007], complété par le SYMADREM pour la cellule A)

Notons que l'ensemble des cellules hydrosédimentaires du Delta du Rhône correspond aux cellules B à E, c'est-à-dire au linéaire compris entre l'épi de l'Espiguette et la flèche de la Gracieuse.

La cellule A, qui englobe la partie urbanisée de la commune du Grau-du-Roi, correspond à la cellule hydrosédimentaire du Golfe d'Aigues-Mortes.

La limite entre les cellules hydrosédimentaires A et B correspond à la digue d'arrêt de l'Espiguette (un épi construit perpendiculairement au sens du transit sédimentaire), construite dans les années 70 afin de protéger l'entrée de Port Camargue de l'ensablement. Il s'agit donc d'une limite anthropique puisqu'avant la construction de l'épi, le sable s'étalait jusque devant l'entrée de l'actuel port de plaisance, comme le montre la photographie aérienne suivante :

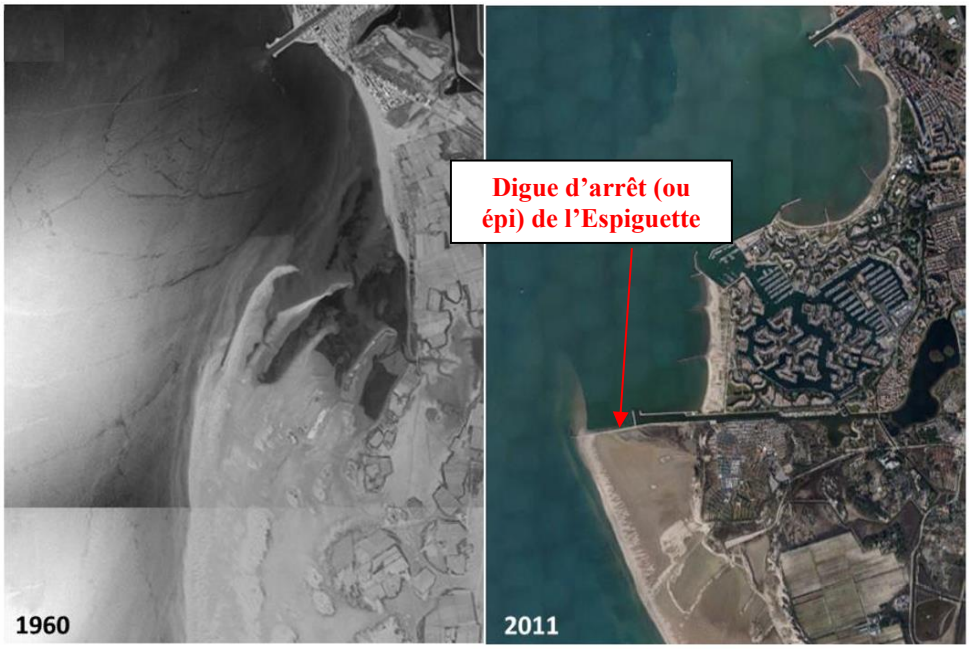


Figure 44 : Extrémité ouest de la cellule de l'Espiguette (source : IGN)

5.2 DONNEES DISPONIBLES

Les études suivantes ont été utilisées concernant les informations sur les positions du rivage et leur évolution dans le temps :

- Entre l'Espiguette et le They de la Gracieuse (cellules hydrosédimentaires du Grand Delta du Rhône) :

- L'étude du CEREGE de 2017 : « Une approche scientifique pour une connaissance des risques littoraux en Camargue », en particulier la « Tâche 2 : variation du rivage depuis 150 ans » - **[L001]** ;
- La thèse de F. SABATIER de 2001 : « Fonctionnement hydrosédimentaire du littoral du delta du Rhône » - **[L007]** ;
- La thèse d'O. SAMAT de 2007 : « Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du Delta du Rhône » - **[L008]**.

- Entre la Passe des Abîmes et l'Espiguette (cellule hydrosédimentaire du Golfe de Aigues-Mortes) :

- L'étude de CASAGEC pour le SIVOM des communes littorales de la Baie de Aigues Mortes de 2019 : « Etude d'accompagnement de la stratégie locale de gestion de la bande côtière du Boucanet » - **[L102] ;**
- Etude de Sogreah pour le BRGM de 2011 : « Actualisation de l'aléa érosion en Languedoc-Roussillon » - **[L006]**

Les études suivantes ont été utilisées concernant les informations sur les bilans sédimentaires :

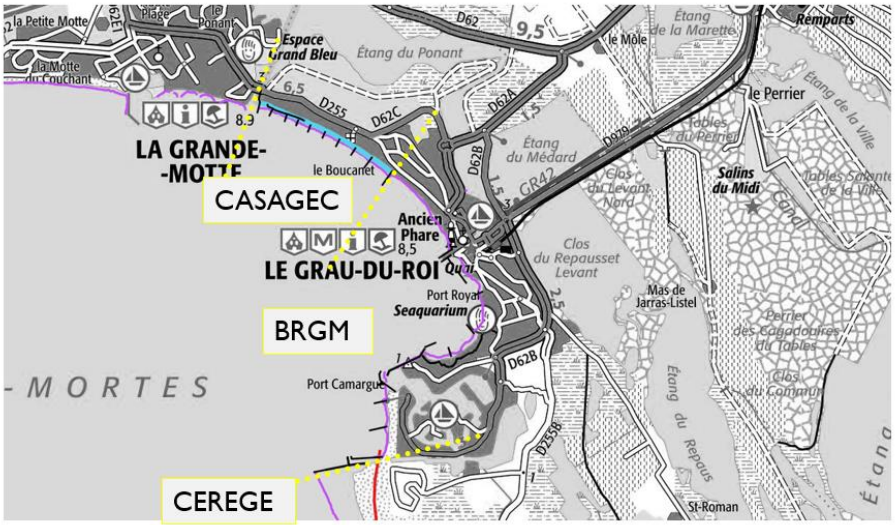
- Entre l'Espiguette et le They de la Gracieuse (cellules hydrosédimentaires du Grand Delta du Rhône) :

- L'étude du CEREGE de 2017 : « Une approche scientifique pour une connaissance des risques littoraux en Camargue », en particulier la « Tâche 3 : Quantification des fonds de l'avant côte du Rhône : bilan sédimentaire entre 1872 et 2013 » - **[L001]** ;

- Entre la Passe des Abîmes et l'Espiguette (cellule hydrosédimentaire du Golfe de Aigues-Mortes) :

- Etude de CASAGEC pour la Région Occitanie et la DREAL Occitanie de 2020 : « Etude pour la gestion des sédiments du littoral d'Occitanie » - **[L005]**

Pour le volet « analyse des évolutions du trait de côte », les sources de données utilisées dans le Gard par secteurs géographiques sont récapitulées sur la figure suivante :



Périmètre couvert par :

- Etude CEREGE (2017)
- Etude CASAGEC (2019)
- Etude BRGM – SOGREAH (2011)
- xxx Source de données retenue pour la stratégie littorale

Figure 45 : Données utilisées dans le Gard – volet « évolution du trait de côte »

5.3 EVOLUTION HISTORIQUE DE LA POSITION DU TRAIT DE COTE

Les données issues des sources précitées ont été compilées de façon à obtenir une seule et même cartographie représentant les zones en érosion et les zones en accrétion. **Le linéaire en érosion représente 76 % du linéaire total du périmètre de la stratégie littorale.**

Une deuxième série de cartes présente les vitesses d'avancée et de recul moyennes du trait de côte sur la période récente. Les secteurs où les reculs sont les plus rapides sont les suivants :

- Les Baronnets (commune du Grau-du-Roi) : la vitesse de recul moyenne est comprise entre 7,5 et 15 m/an ;

- L'embouchure du Grand Rhône en rive droite (commune d'Arles) : la vitesse de recul moyenne est comprise entre 7,5 et 15 m/an. Notons que par définition, l'embouchure d'un fleuve est mobile, les fortes vitesses de recul observées de façon localisée dans ce secteur sont accompagnées de fortes vitesses d'avancées à proximité immédiate, mettant en évidence la mobilité de ce « bouchon » situé à l'embouchure du Grand Rhône ;

- La Plage Est (commune des Saintes Maries de la Mer) : la vitesse de recul moyenne est comprise entre 5 et 7,5 m/an ;

- Le secteur de la digue de Véran et de l'étang de Beauduc (commune d'Arles) : la vitesse de recul moyenne est comprise entre 5 et 7,5 m/an ;

Les secteurs où les avancées du trait de côte sont les plus rapides sont :

- La pointe des Sablons à Beauduc (commune d'Arles) : la vitesse d'avancée moyenne est comprise entre 15 et 30 m/an ;
- L'Espiguette (commune du Grau-du-Roi) : la vitesse d'avancée moyenne est comprise entre 7,5 et 15 m/an ;
- L'embouchure du Grand Rhône en rive droite : la vitesse d'avancée moyenne est comprise entre 7,5 et 15 m/an (voir explication ci-dessus).

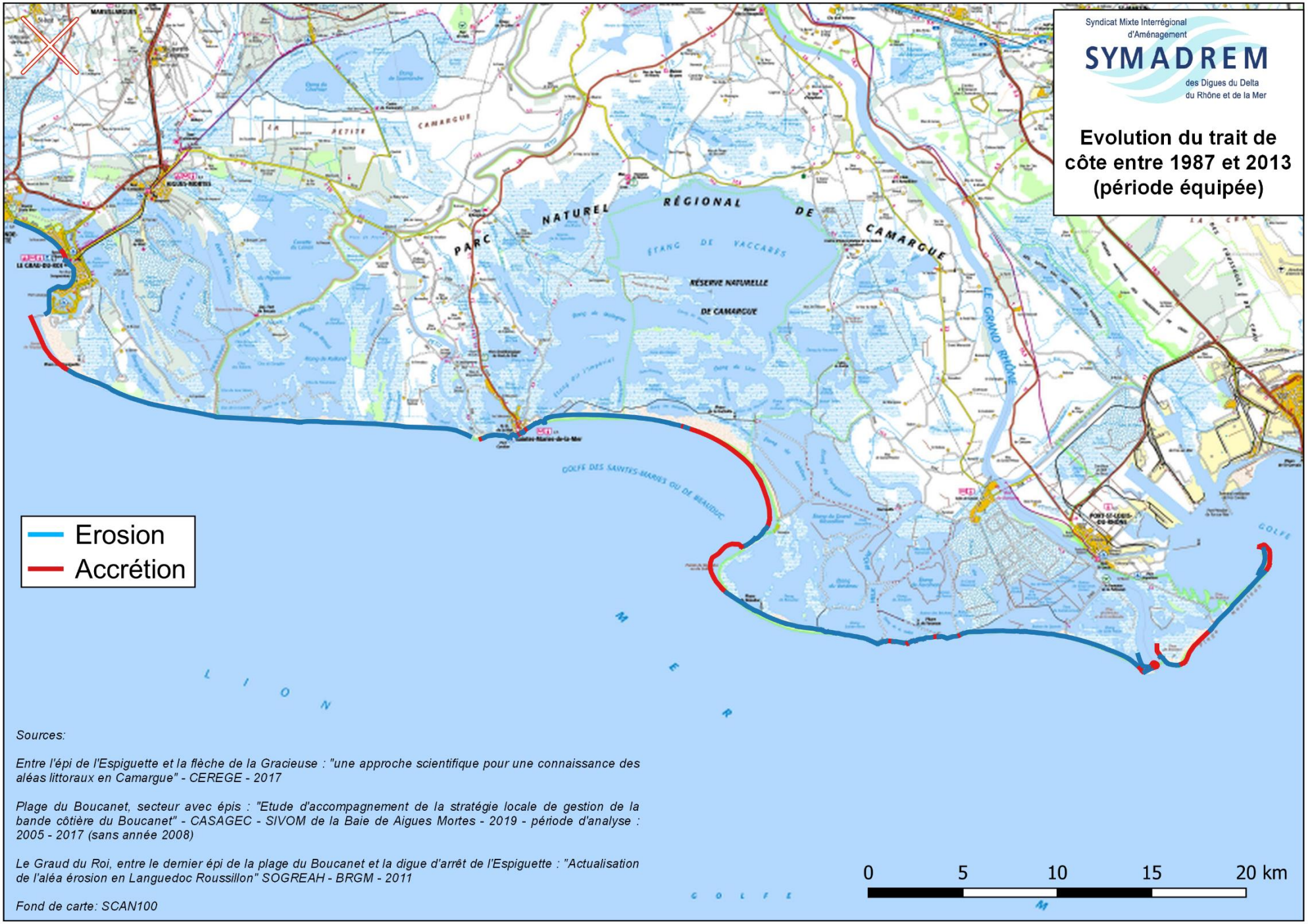


Figure 46 : Carte de l'évolution du trait de côte entre 1987 et 2013

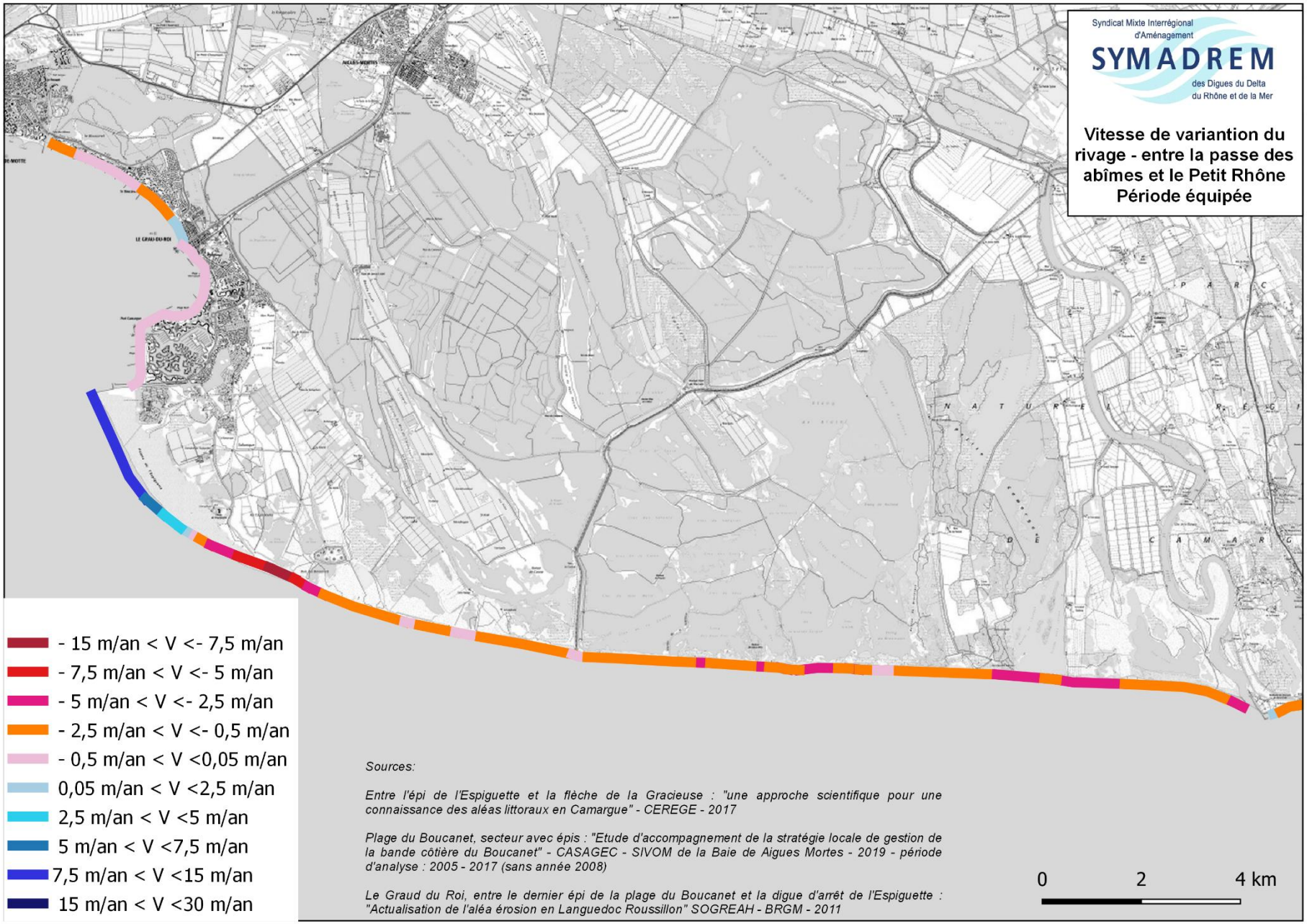


Figure 47 : Carte des vitesses de variation du rivage – secteur entre le la Passe des Abîmes et le Petit-Rhône

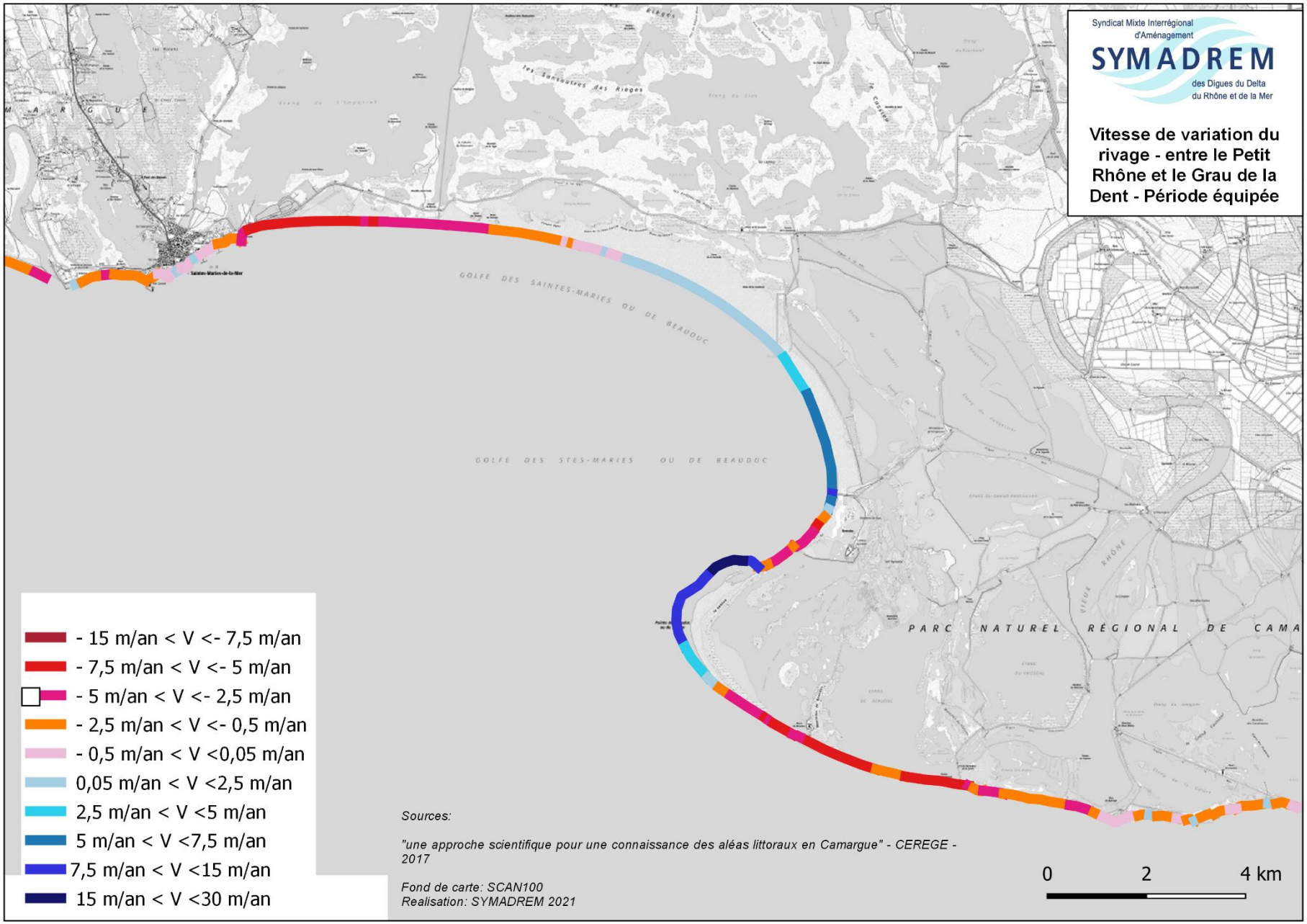


Figure 48 : Carte des vitesses de variation du rivage – secteur entre le Petit Rhône et le Grau de la Dent

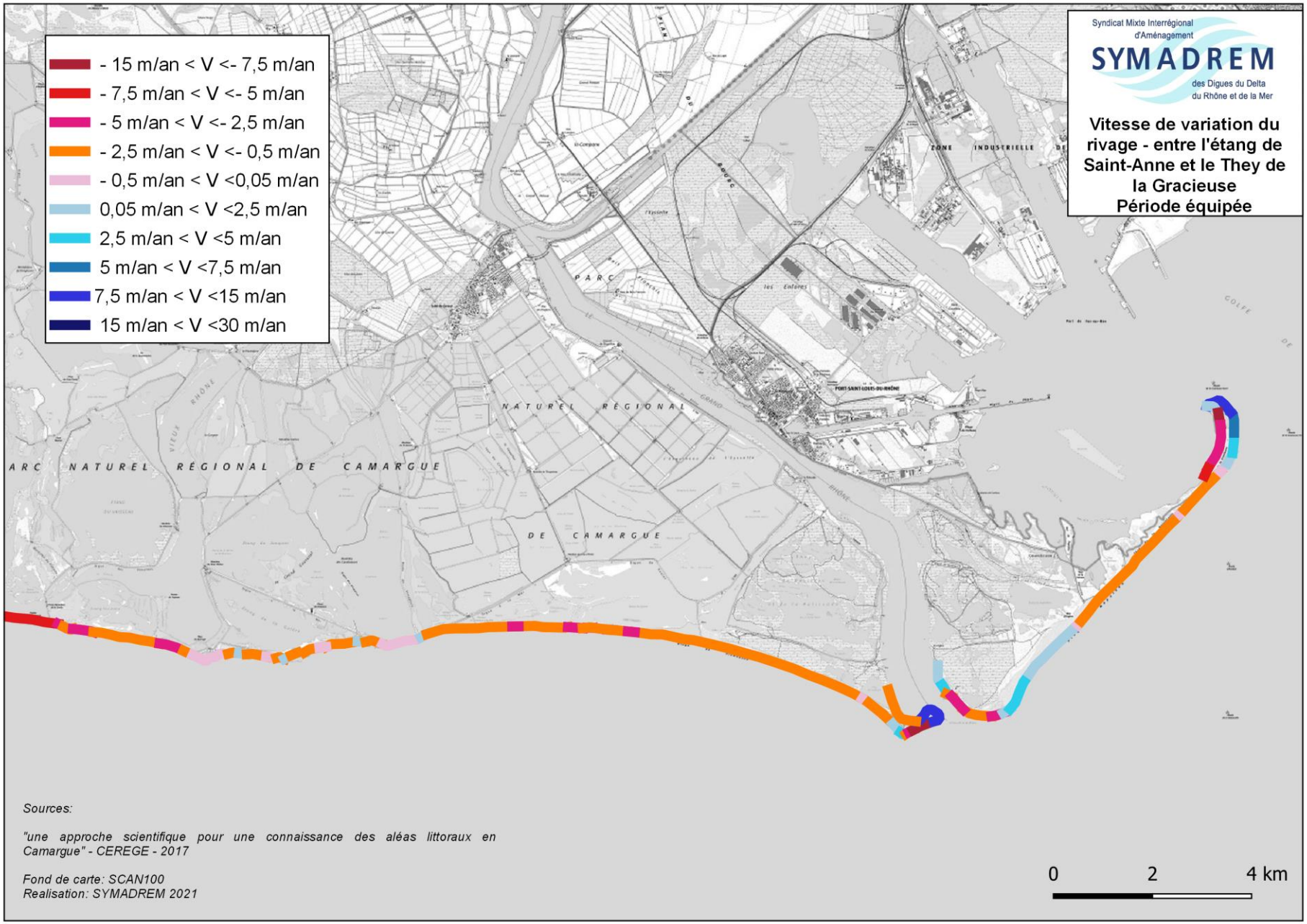


Figure 49 : Carte des vitesses de variation du rivage – secteur entre étang de Saint Anne et They de la Gracieuse

5.4 EFFICACITE DES ENROCHEMENTS EXISTANTS A FIXER LE RIVAGE

Cette analyse est basée sur l'étude réalisée par le CEREGE **[L001]**. Par conséquent, elle ne concerne que le secteur compris entre la digue d'arrêt de l'Espiguette et le They de la Gracieuse. L'efficacité des enrochements présents sur la partie urbaine de la commune du Grau-du-Roi (cellule hydrosédimentaire du Golfe de Aigues Mortes) n'est donc pas analysée dans ce paragraphe.

5.4.1 Enrochements présents sur le rivage et date de construction (source : Sabatier [L007])

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. C'est également durant cette période que débute la construction du port de plaisance de Port Camargue (1968-1975), limité à l'est par une digue d'environ 1000 m en bout de flèche de l'Espiguette, destinée à protéger l'entrée du port de l'ensablement.

La troisième étape, au cours des années 1980, a été la plus importante au niveau du volume des enrochements et des dépenses engagées. Sur l'ensemble du littoral, la construction de batteries d'épis est suscitée par la tempête de 1982. […] Entre 1975 et 1977, dix épis en enrochements avaient été installés à l'ouest du Rhône Vif par le SMNLR (Service Maritime de Navigation du Languedoc-Roussillon), enrayant ainsi le recul du trait de côte. A la suite de ces « bons résultats », cent vingt-deux ouvrages sont construits entre 1981 et 1986 entre les Baronnets et le secteur du Grand Radeau à partir du milieu des années 90. Suite au contournement des épis par la mer, la CSME a entrepris de rallonger ces derniers durant l'été 1998.

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. Pour l'occupation du rivage, voir également § 6.1.

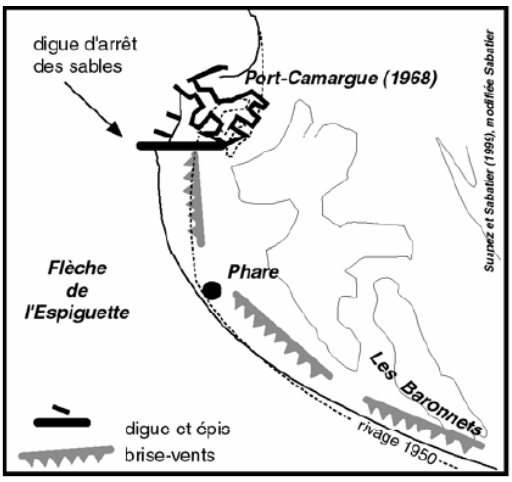


Figure 50 : Dates de construction des ouvrages en enrochements – secteur Port Camargue (source : [L007])

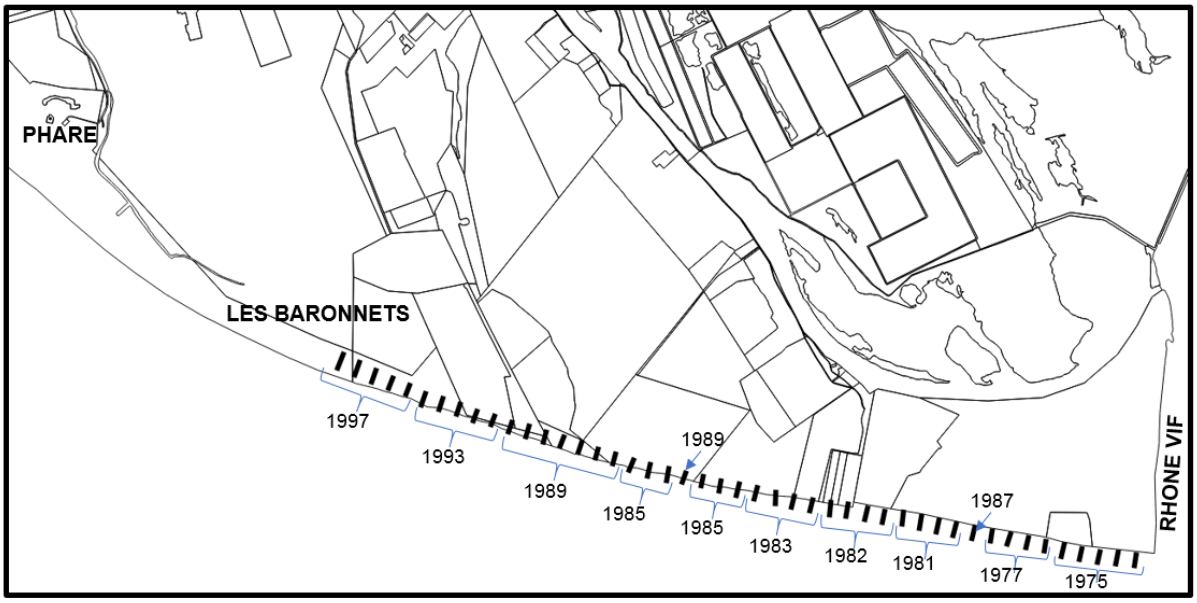


Figure 51 : Dates de construction des ouvrages en enrochements – entre les Baronnets et le Rhône Vif (source : Symadrem)

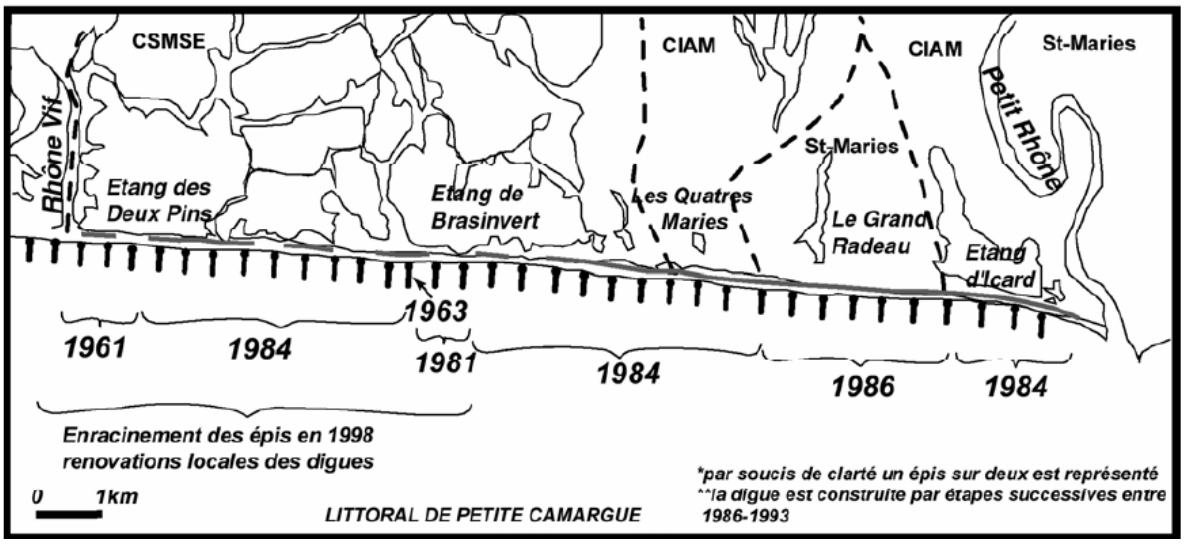


Figure 52 : Dates de construction des ouvrages en enrochements entre le Rhône vif et le Petit Rhône (source : [L007])

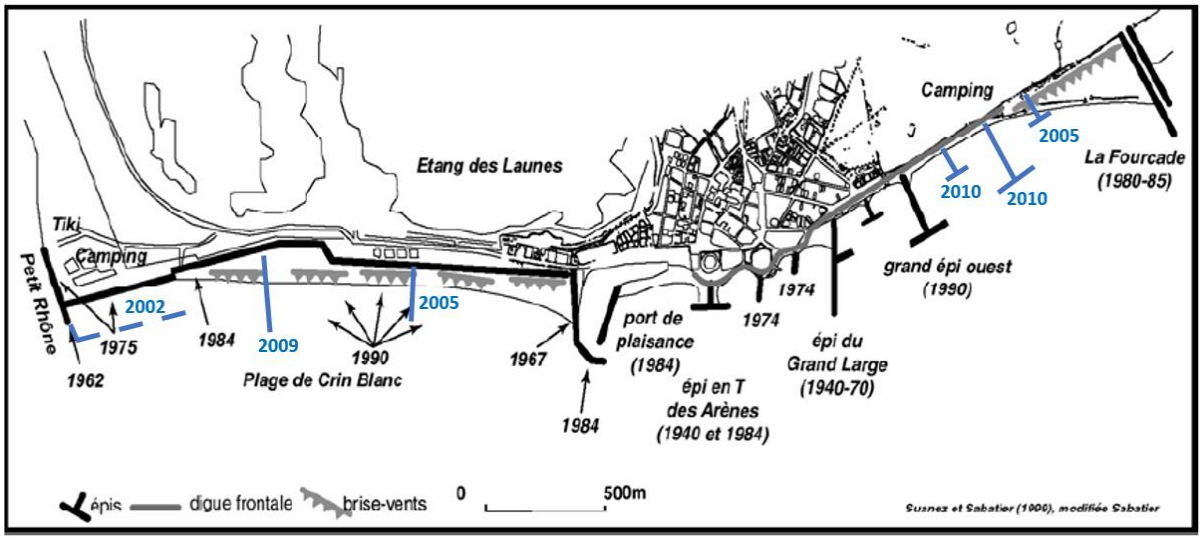


Figure 53 : Dates de construction des ouvrages en enrochements sur le secteur centre-ville des Saintes Maries de la Mer (source [L007] – mise à jour Symadrem en bleu)

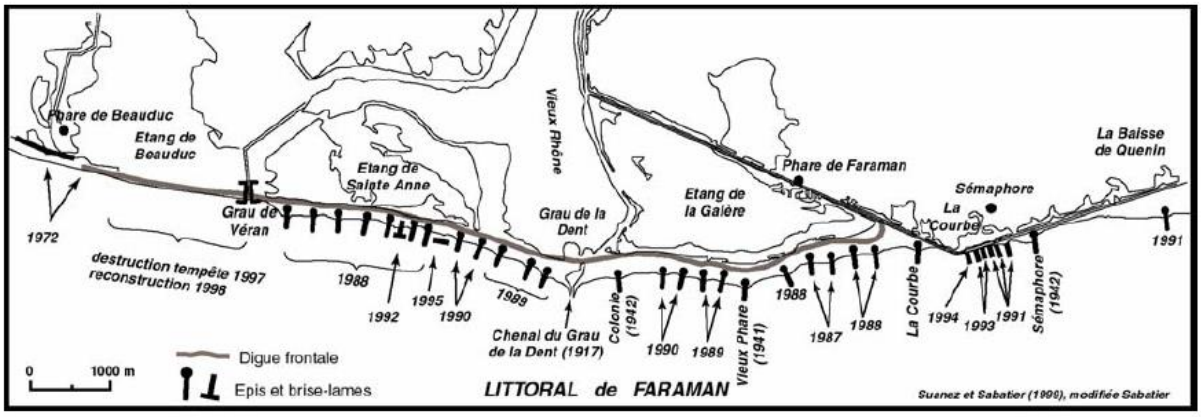


Figure 54 : Dates de construction des ouvrages en enrochements sur le secteur du littoral de Faraman (source [L007])

5.4.2 Méthodologie utilisée pour déterminer l'efficacité des enrochements à fixer le rivage

Dans la Tâche 2 de son étude **[L001]**, le CEREGE compare les vitesses de variations historiques du rivage de la période dite « naturelle », à la période dite « équipée ».

Avant 1987, les plages connaissent principalement des enrochements au niveau de la pointe de la Courbe, 6 épis disparates et espacés dans les années 40 sur le littoral de Faraman, 5 épis en 1975 vers le Rhône Vif et des premiers enrochements aux Saintes-Maries-de-la-Mer. Cependant, la quantité de ces ouvrages le long du rivage de Camargue est sans commune mesure avec celle réalisées à partir de la fin des années 80 et durant la décennie 1990.

Par conséquent le CEREGE a découpé notre analyse selon :

- une période dite *naturelle* entre 1872 et 1977
- une période dite *équipée* entre 1987 et 2013

La période entre 1977 et 1987 ne dispose pas de données historiques existantes permettant d'analyser les lignes de rivage.

Ce principe est récapitulé sur la figure suivante :

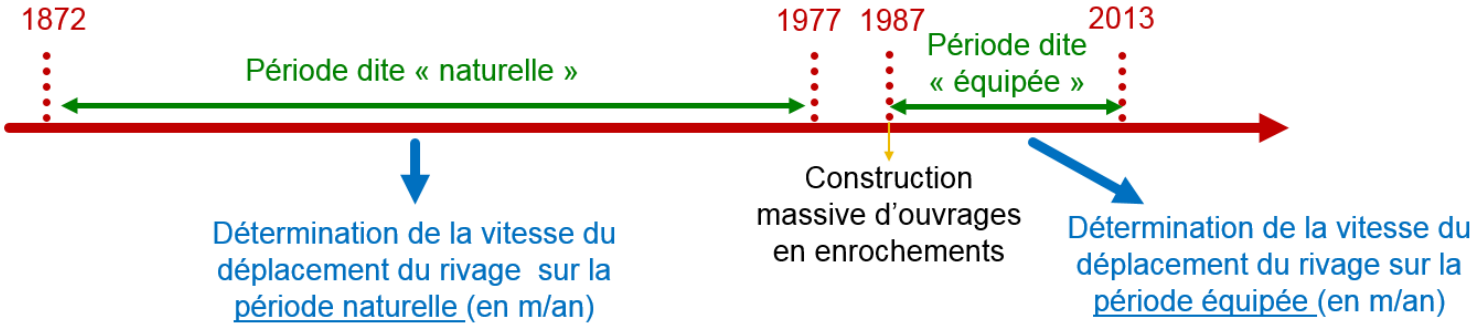


Figure 55 : Définition des périodes dites « naturelle » et « équipée » (selon étude [L001])

La position du rivage théorique de 2013 a été simulée sur la base de son évolution naturelle. Le CEREGE prend l'hypothèse que la comparaison entre la position du rivage simulé et du rivage mesuré indique alors l'impact des actions humaines et renseigne sur l'efficacité des enrochements. Ce principe méthodologique est résumé sur la figure suivante :

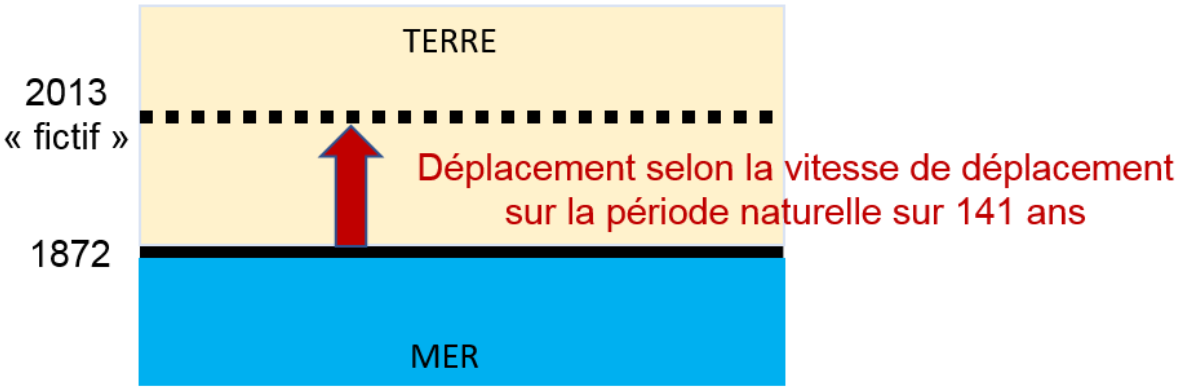


Figure 56 : Principe de détermination de la position du trait de côte dite « 2013 fictif »

Bien que les apports sédimentaux par les embouchures aient été considérablement modifiés au cours de la période d'étude, notamment par la construction des barrages sur le Rhône, la pertinence de la méthode utilisée se justifie de la façon suivante :

- les apports sédimentaux du Rhône n'ont qu'un impact limité et géographiquement localisé sur la dynamique de variation de la position du rivage. En effet, c'est la dérive littorale qui reste le principal moteur de la variation de la position du rivage ;
- l'analyse des traits de côte de 1977 réel et fictif (cf. **[L001]** §3.3.1), établi selon la même méthodologie, montre de très bons résultats, et permet donc la validation de cette méthode.

A partir de cette analyse réalisée par le CEREGE, le Symadrem a classifié les enrochements en trois catégories :

- l'enrochement est efficace pour fixer le rivage ;
- l'efficacité de l'enrochement pour fixer le rivage est limitée ;
- l'enrochement est inefficace pour fixer le rivage.

Le principe utilisé est récapitulé sur la figure suivante :

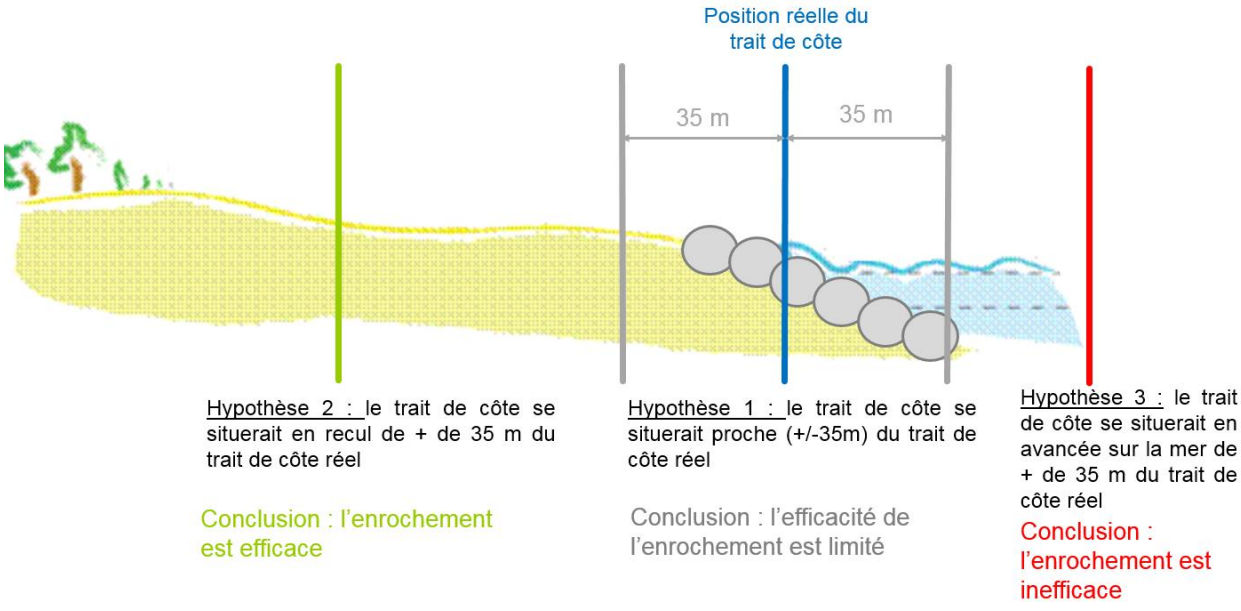


Figure 57 : schéma de principe des enrochements efficaces/ peu efficaces ou inefficaces

L'écart entre les traits de côte « 2013 réel » et « 2013 fictif » a été mesuré le long des transects définis par le CEREGE. Il varie entre +300 m et - 600 m, sur une période de 26 ans (1987-2013).

L'écart moyen mesuré sur les transects entre ces deux traits de côte est de 35 m, avec « 2013 réel » situé plus en recul que « 2013 fictif ». C'est cette valeur qui a été retenue comme le seuil limite d'efficacité des enrochements.

Notons que cette analyse porte sur l'efficacité des enrochements entre leur construction et l'année 2013. Il ne présage pas de l'efficacité actuelle ou à venir. Elle est complétée par une

analyse de l'évolution des largeurs de plages sur les secteurs où les enrochements sont dits efficaces (cf. § 5.4.4) et une analyse des bilans sédimentaires (cf. § 5.6).

5.4.3 Résultats de l'analyse de l'efficacité des enrochements à fixer le rivage

Les résultats de l'analyse sont présentés sur la cartographie page suivante et peuvent être résumés de la façon suivante :

« En Petite Camargue les enrochements n'ont globalement pas permis de ralentir le recul du rivage, excepté à proximité de l'embouchure du Petit Rhône et à la Capelude,

Aux Saintes-Maries-de-la-Mer ils se montrent efficaces mais ils ont augmenté l'érosion en aval dérive, au niveau et après la Fourcade »

« A l'Est du Grau de la Dent, […], ils ont significativement ralenti le recul du rivage,

A l'Ouest du Grau de la Dent jusqu'à l'étang St Anne ils ont ralenti le recul du rivage, mais à partir de cette limite ils ont augmenté et déplacé son retrait vers le phare de Beauduc (et plus loin après) » (source **[L001]**)

On retiendra les valeurs suivantes :

- Sur 53 % du linéaire où les enrochements sont présents, ils ont été efficaces pour fixer le rivage entre leur pose et 2013 ;
- Sur 11 % du linéaire où les enrochements sont présents, ils ont été inefficaces pour fixer le rivage entre leur pose et 2013 ;
- Sur 36 % du linéaire où les enrochements sont présents, leurs effets pour fixer le rivage est limité, c'est-à-dire qu'ils n'ont été ni efficaces, ni inefficaces, entre leur pose et 2013.

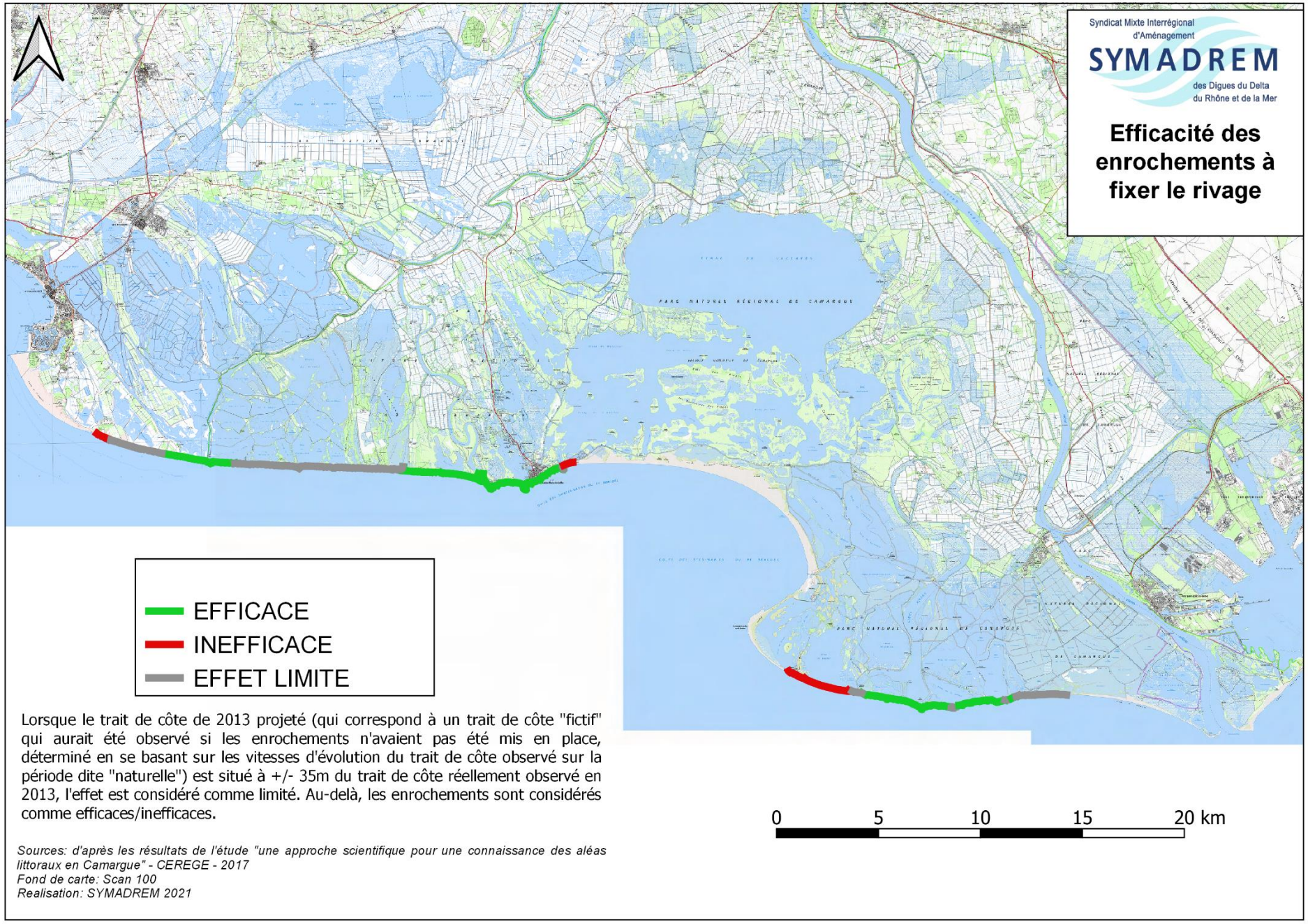


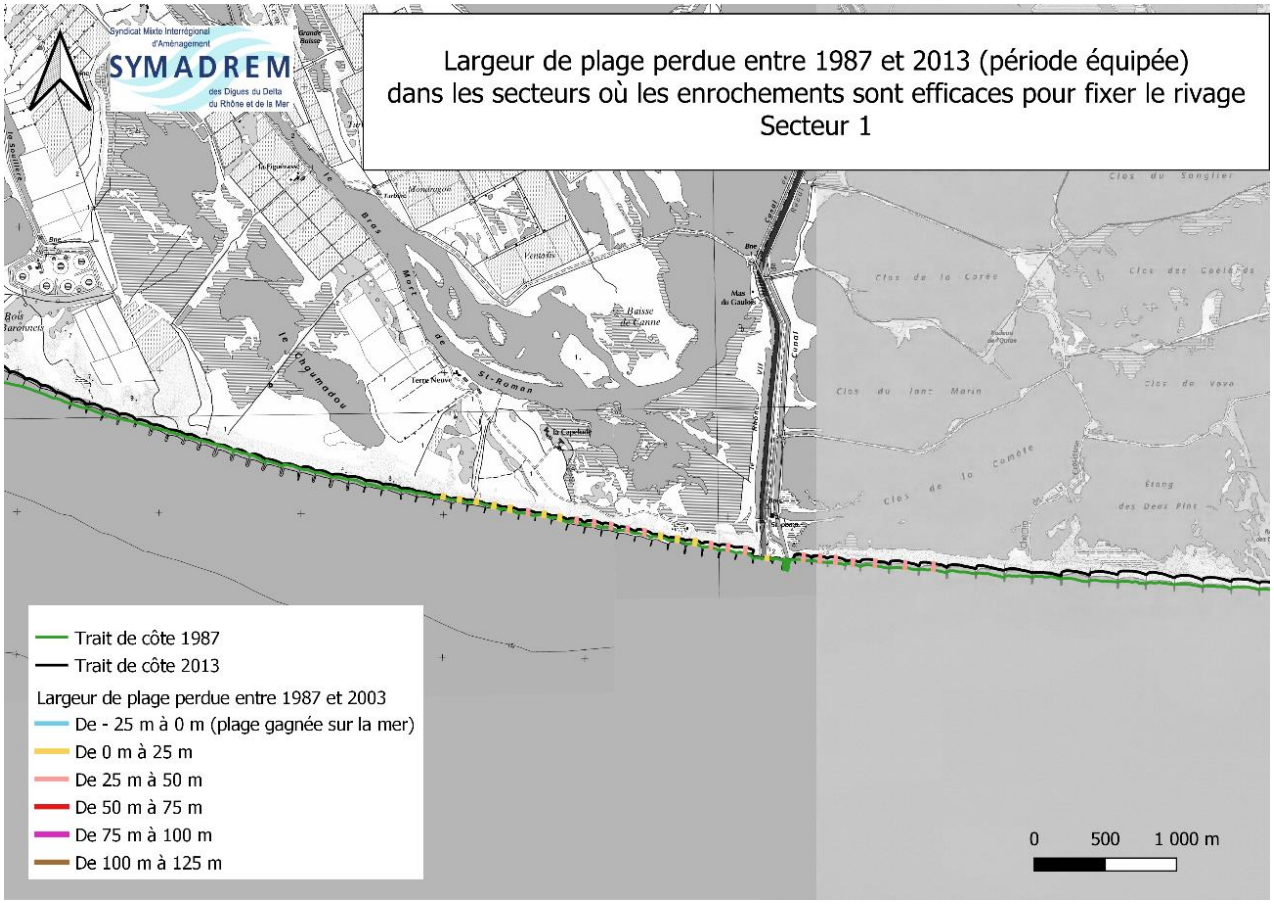
Figure 58 : cartographie de l'efficacité des enrochements à fixer le rivage – entre leur mise en place et 2013

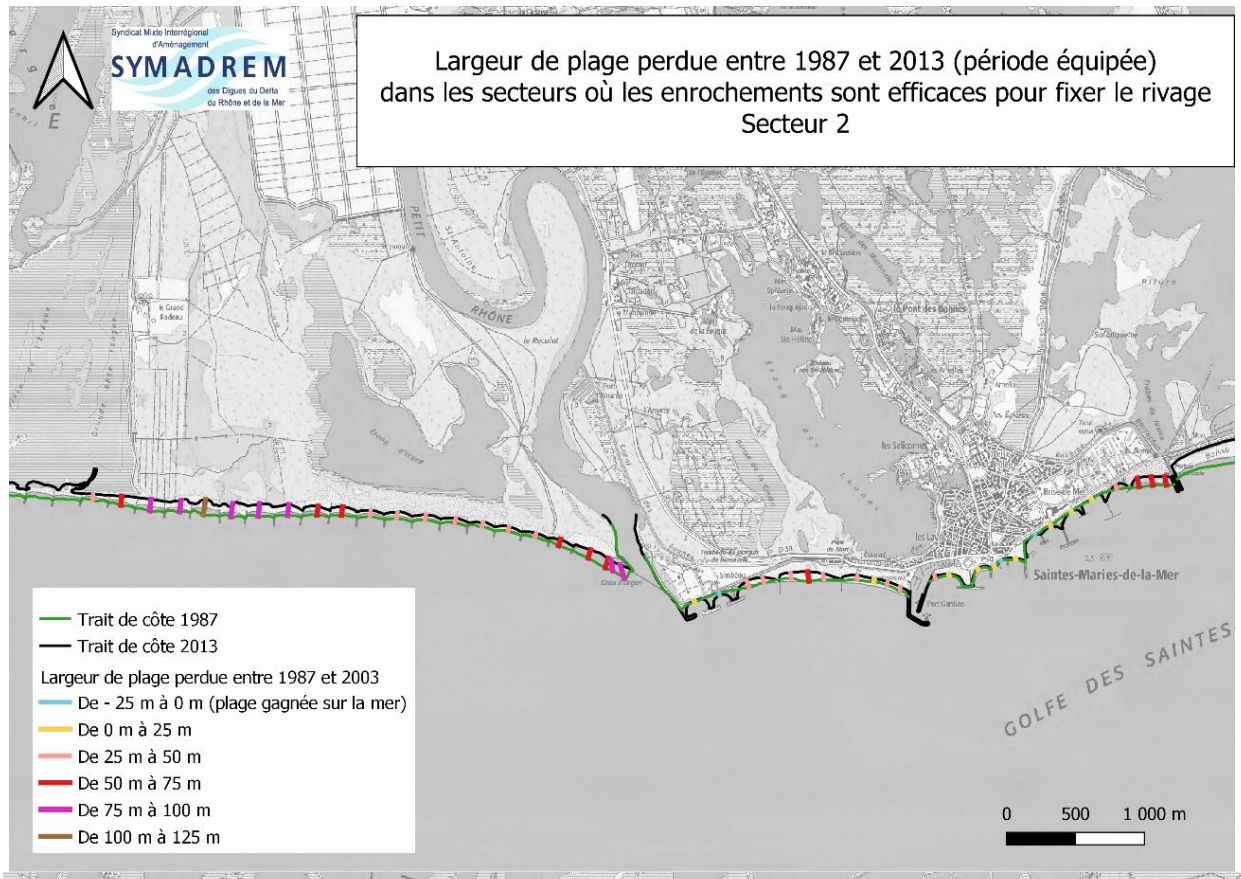
5.4.4 Evolution de la largeur des plages dans les secteurs où les enrochements sont dits efficaces

Sur environ 50 % du linéaire où des enrochements sont présents, soit environ 24 km, ces derniers ont été efficaces pour fixer le rivage. Cela signifie que sans ces enrochements, le rivage se situerait aujourd'hui plus en recul que le rivage actuel. Ils ont permis de fixer le trait de côte.

Pour autant, entre la mise en place de ces enrochements dits efficaces sur le rivage et aujourd'hui, les profils bathymétriques ont évolué au droit de ces zones. Cela se traduit notamment par la modification des largeurs de plage.

Les cartographies ci-dessous ont été réalisées en comparant, au droit des transects, les traits de côte de 1987 (correspondant au début de la période dite équipée) et 2013 (correspondant au trait de côte le plus récent étudiée dans le cadre de l'étude **[L001]**). La distance entre ces deux traits de côte correspond à la largeur de plage gagnée ou perdue.





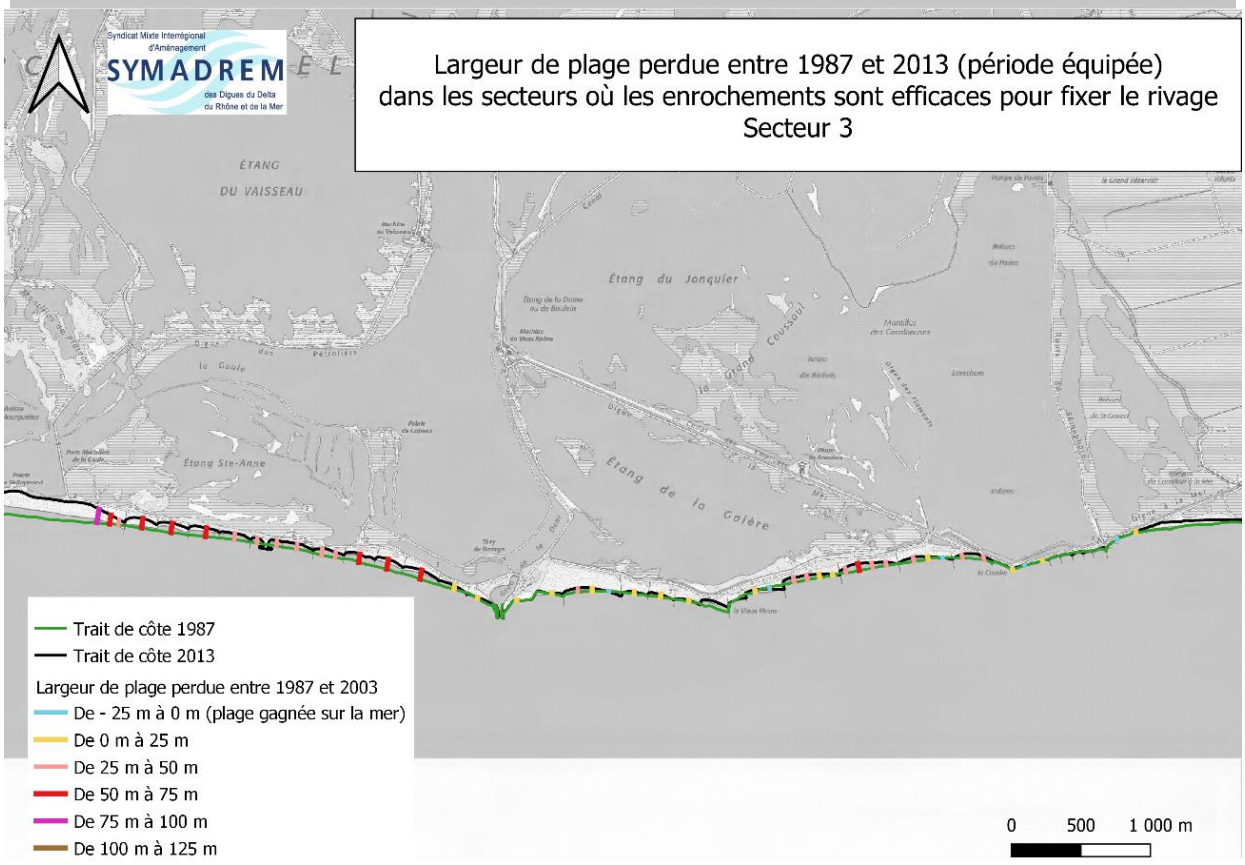


Figure 59 : Cartographie des largeurs de plage perdue entre 1987 et 2013 sur les secteurs où les enrochements sont efficaces (source : SYMADREM après analyse des données CEREGE)

L'analyse de ces cartes montrent que les largeurs de plages ont diminué, même dans les secteurs où les enrochements sont efficaces (pour rappel de la définition des enrochements dits « efficaces » voir Figure 57). Ce comportement traduit le phénomène d'érosion sous-marine et de pertes sédimentaires dans ces secteurs (voir également § 5.6) :

- au niveau du secteur 1 (autour du Rhône Vif) le recul moyen est de 27 m en 26 ans ;
- au niveau de la rive droite de l'embouchure du Petit Rhône, le recul moyen est de 64 m en 26 ans ;
- au niveau du centre ville des Saintes Maries de la Mer, le recul moyen est de 26 m en 26 ans ;
- au niveau du littoral de Faraman, le recul moyen est de 30 m en 26 ans.

5.4.5 *Secteurs non enrochés où l'érosion a été accentuée par la présence des enrochements proches*

Les ouvrages en enrochements sur le littoral ont des conséquences sur l'évolution de la position du trait de côte au-delà des linéaires où les enrochements sont présents. Ces phénomènes sont connus et documentés. Les deux principaux phénomènes sont présentés sur les figures ci-dessous, il s'agit de l'érosion accentuée en aval-dérive des batteries d'épis (figure de gauche) et de l'apparition d'encoches d'érosion aux extrémités des ouvrages frontaux en enrochements (figure de droite).

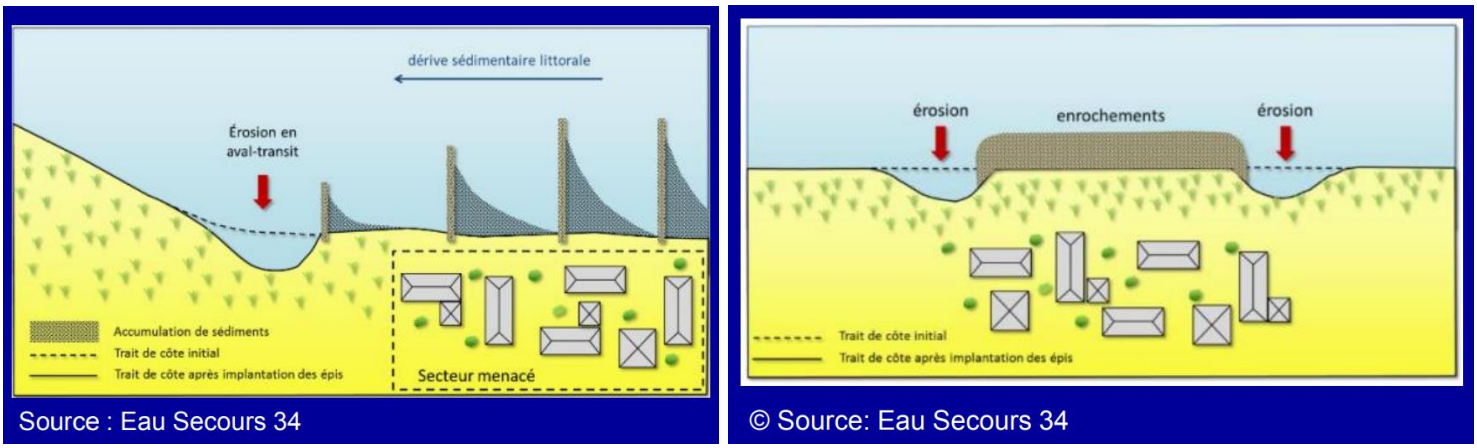


Figure 60 : Principe de l'accentuation de l'érosion par les enrochements

Les secteurs concernés ont été répertoriés sur le périmètre compris entre la digue d'arrêt de l'Espiguette et le littoral de Faraman et sont présentés sur la figure ci-dessous. Ils correspondent aux secteurs non enrochés, en aval dérive des enrochements, où le trait de côte « 2013 réel » est en recul par rapport au trait de côte « 2013 fictif ».

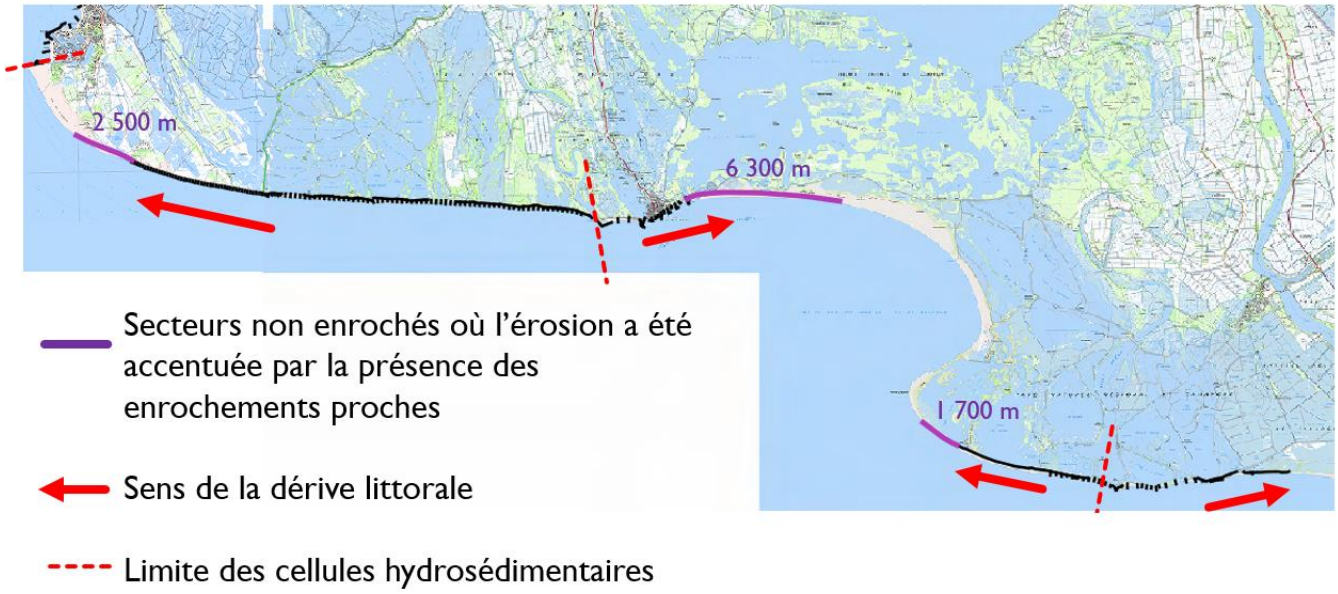


Figure 61 : Localisation des secteurs non enrochés où les enrochements actuels ont accentués l'érosion (source : SYMADREM)

Le linéaire concerné est de 10,5 km. Ce chiffre est à mettre en regard avec les 46 km de linéaire enroché.

5.5 PROJECTION D'EVOLUTION DE LA POSITION DU TRAIT DE COTE

5.5.1 Données utilisées

De la passe des Abimes à l'épi de l'Espiguette, les données présentées sont issues de l'étude du BRGM « Actualisation de l'aléa érosion en Languedoc-Roussillon » **[L006]** et de l'étude Casagec pour le SIVOM de la Baie de Aigues Mortes pour le secteur concernant spécifiquement la plage du Boucanet **[L102]**. La méthodologie employée est la suivante :

- Le trait de côte de 2030 est défini en prenant l'hypothèse de maintien des ouvrages, par une combinaison des évolutions historiques (étudiées entre 1942 et 2010) et une analyse du fonctionnement du site ;
- Le trait de côte de 2060 est défini selon deux hypothèses : maintien des ouvrages et retrait des ouvrages. Comme pour 2030, la position du trait de côte est définie par une combinaison des connaissances des évolutions historiques et une analyse du fonctionnement du site ;
- Le trait de côte de 2100 est défini par un recul estimé à 20 m à partir des traits de côte établis pour 2060, soit un taux de recul de 0,5 m/an.

Dans le secteur du Boucanet, sur le linéaire avec épis, l'étude **[L102]** a montré une incohérence des projections réalisées dans l'étude **[L006]** et a proposé des mises à jour définies par l'application d'un taux de recul de 1m/an à partir du trait de côte de 2017.

Entre l'épi de l'Espiguette et le They de la Gracieuse, les données sont issues de l'étude du CEREGE **[L001]**. La méthodologie employée consiste à extrapoler les vitesses d'évolution de la position du rivage, déterminée sur la base de l'analyse du comportement passé du rivage, pour déterminer sa position future supposée.

Trois hypothèses sont envisagées et cartographiées :

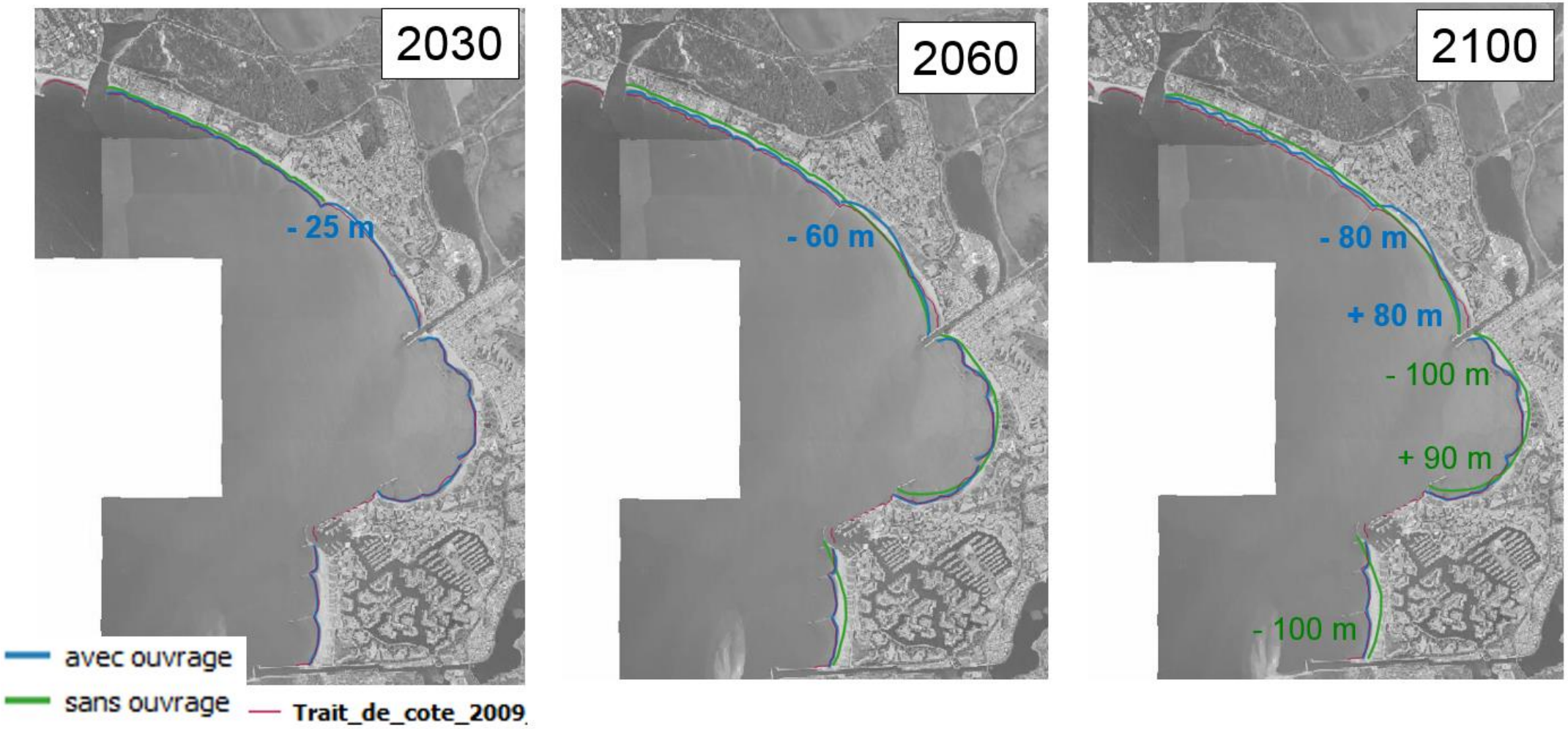
- La position future du rivage est basée sur l'analyse des vitesses d'évolution durant la **période naturelle** (c'est-à-dire la période avant enrochements, entre 1872 et 1977) ;

- La position future du rivage est basée sur l'analyse des vitesses d'évolution durant la **période équipée** (c'est-à-dire la période avec enrochements, entre 1987 et 2013) ;

- La position future du rivage est basée sur l'analyse des **vitesses maximales** annuelles observées entre 1987 et 2013. Il s'agit d'un scénario pessimiste, débouchant sur une cartographie au rivage saccadée et qui doit être interprétée selon des ordres de grandeur.

5.5.2 Extrait des cartographies des projections d'évolution de la position du trait de côte

Des zooms ont été effectués sur les zones urbanisées de la frange littorale (Le Grau du Roi et les Saintes Maries de la Mer), et sur les secteurs où les tendances d'évolution sont les plus extrêmes (l'Espiguette, les Baronnets, la Plage Est, secteur de la digue de Véran, la pointe des Sablons à Beauduc, l'embouchure du Grand Rhône et la flèche de la Gracieuse). Ils sont présentés ci-dessous. Les cartographies complètes sont présentées dans le dossier des annexes cartographiques.



Le Grau-du-Roi

2013

2xxx projeté à partir de 2013 d'après les extrêmes de la période équipée (maximum recul/avancée)

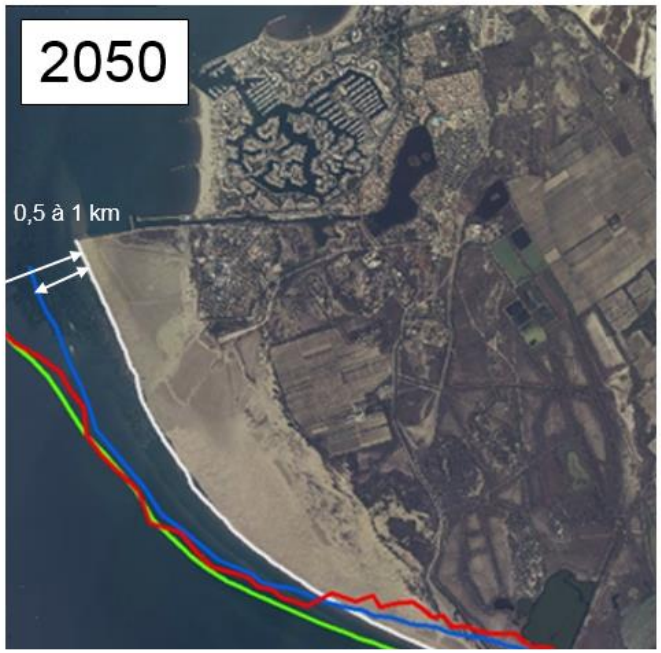
2xxx projeté à partir de 2013 d'après la tendance sur la période équipée

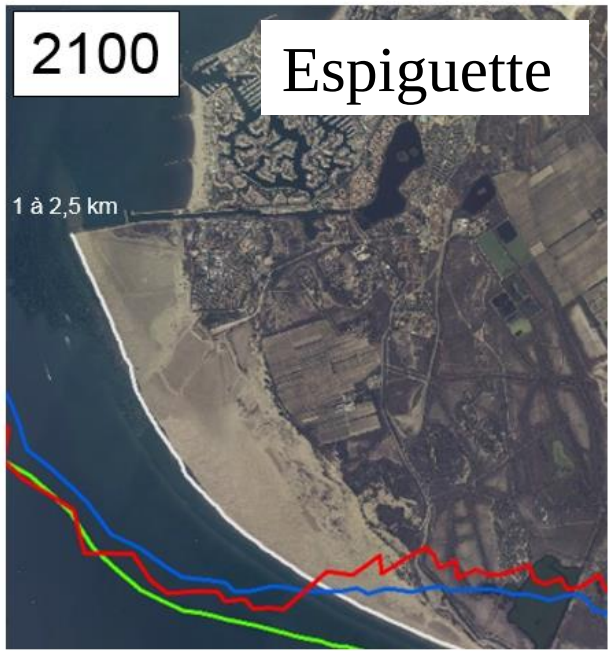
2xxx projeté à partir de 2013 d'après la tendance sur la période naturelle

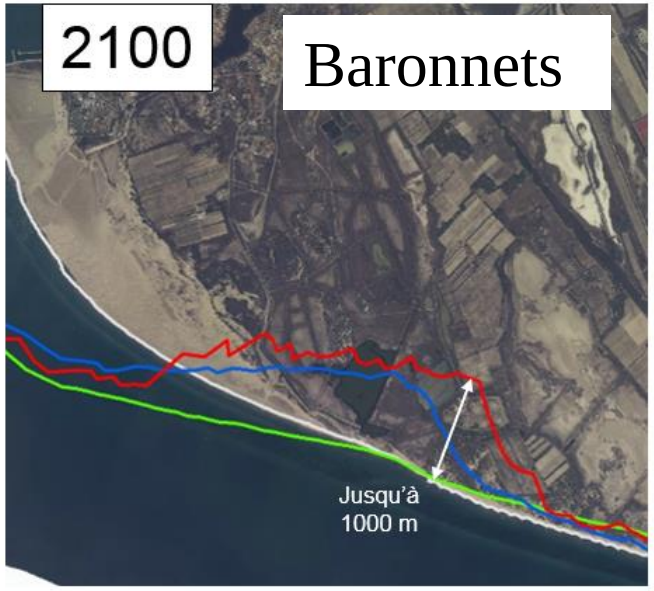
Source : CEREGE

Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer

Les Saintes-Maries-de-la-Mer







2013

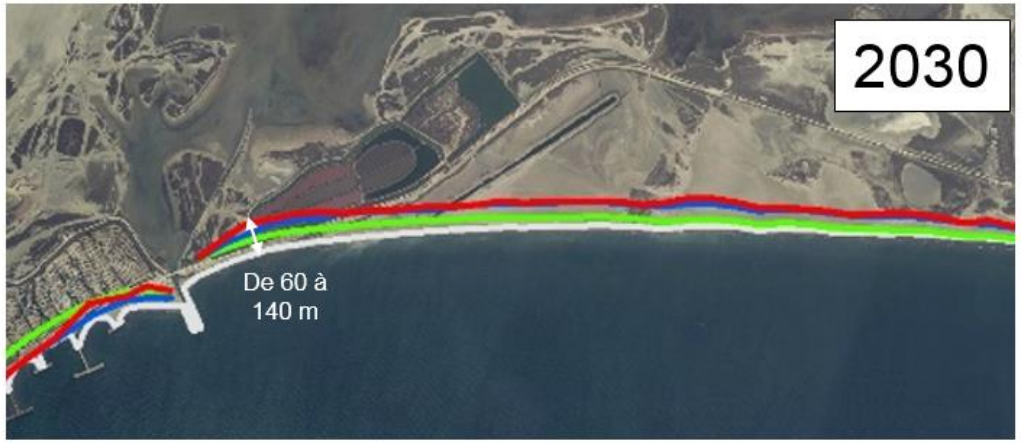
2xxx projeté à partir de 2013 d'après les extrêmes de la période équipée (maximum recul/avancée)

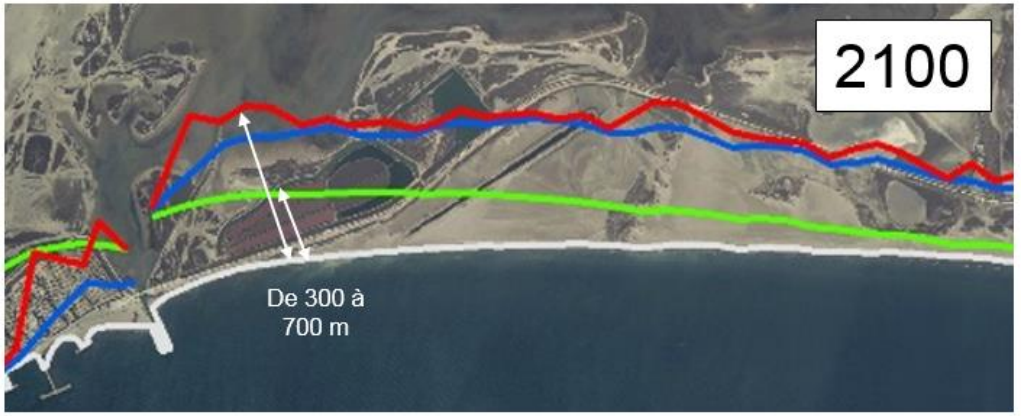
2xxx projeté à partir de 2013 d'après la tendance sur la période équipée

2xxx projeté à partir de 2013 d'après la tendance sur la période naturelle

Source : CEREGE

Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
SYMADREM





2013

2xxx projeté à partir de 2013 d'après les extrêmes de la période équipée (maximum recul/avancée)

2xxx projeté à partir de 2013 d'après la tendance sur la période équipée

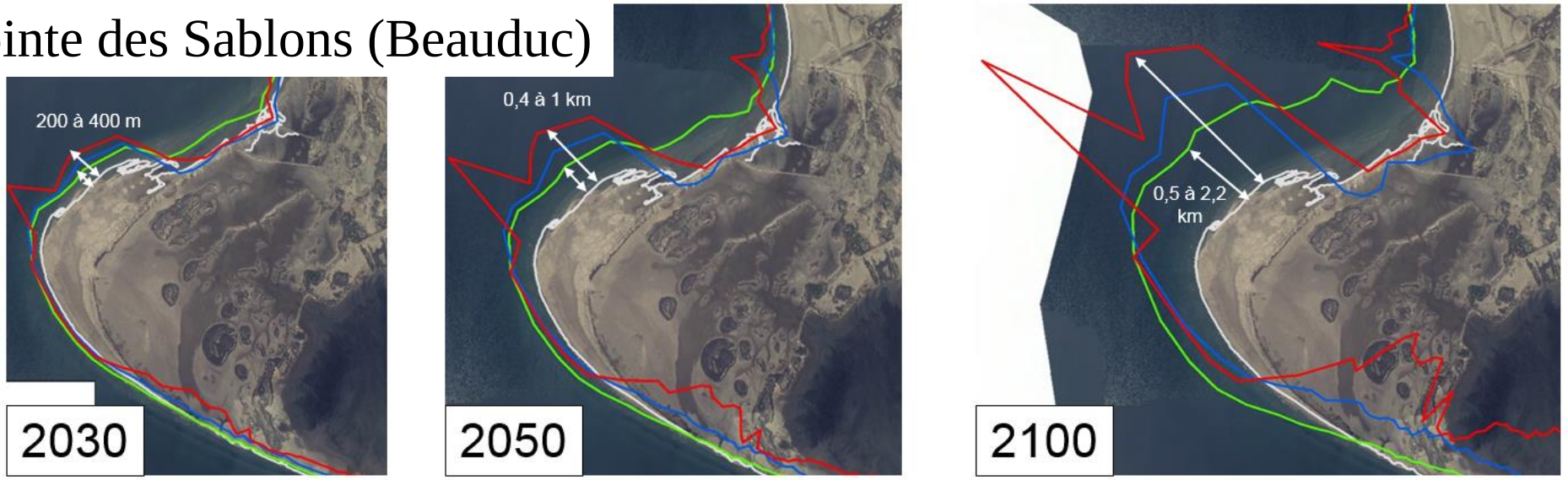
2xxx projeté à partir de 2013 d'après la tendance sur la période naturelle

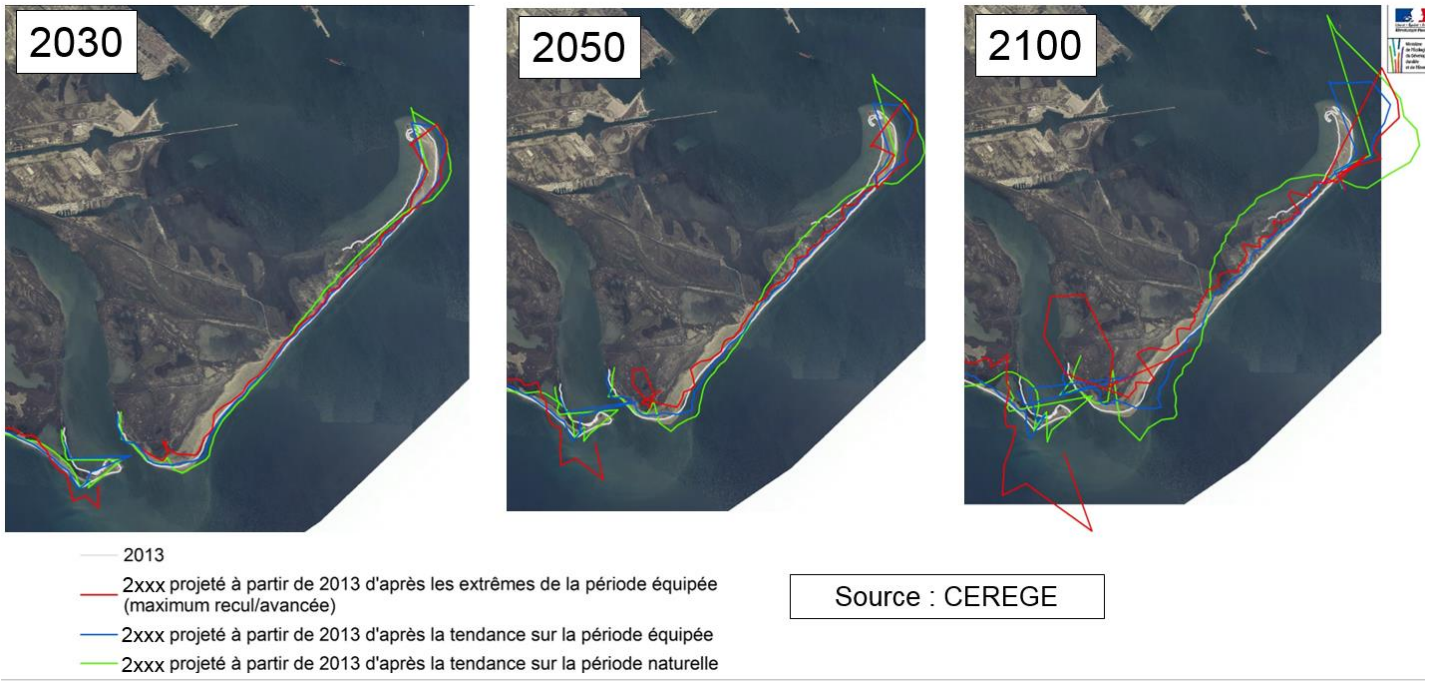
Source : CEREGE

Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer

Plage Est des Saintes-Maries-de-la-Mer

Pointe des Sablons (Beauduc)





Embouchure du Grand Rhône – They de la Gracieuse

Figure 62 : Projections de la position du rivage en 2030, 2050 et 2100 des principaux sites

5.5.3 Scénarios d'évolution de la position du trait de côte étudié par le CEREMA

Le Cerema a produit un indicateur national de l'érosion littorale (2017) et une étude prospective sur les enjeux atteints par le recul du trait de côte (publication janvier 2019).

Une cartographie et un détail méthodologique sont consultables sur le site du Ministère de la Transition Ecologique « Géolittoral ». On y trouve les informations suivantes :

« Les différents scénarios d'évolution étudiés ont été construits sur la base d'hypothèses permettant de définir la position future du trait de côte au cours du siècle à venir. Deux critères majeurs de la dynamique spatiale de la position du trait de côte ont été pris en compte :

- le taux d'évolution

La position future du trait de côte est déterminée sur la base des tendances passées d'évolution du trait de côte, observées sur plusieurs décennies par l'indicateur national de l'érosion côtière suivant deux hypothèses :

- Hypothèse (S1) : Un taux de recul est appliqué uniquement sur les secteurs de l'indicateur national identifiés en recul, soit environ 20 % du trait de côte actuel. Pour ces secteurs, le taux passé de l'évolution est reconduit et appliqué jusqu'en 2100.

- Hypothèse (S2) : Un taux régional de recul minimal est appliqué à l'ensemble des côtes pour une première approche de la prise en compte des effets potentiels de l'élévation attendue du niveau marin. Les taux de recul appliqués sont déterminés en fonction de la géomorphologie (les falaises rocheuses reculent ainsi bien moins rapidement que les côtes sableuses) et des évolutions observées par secteurs de côte homogènes.

- l'influence des ouvrages littoraux sur la position du trait de côte

Le littoral des régions françaises comprend de nombreux ouvrages côtiers dont les futures stratégies de gestion (laisser faire le recul / maintenir la position du trait de côte) sont susceptibles d'influencer fortement la position du trait de côte. Afin d'appréhender et d'encadrer les contrastes de situations introduits par ces différents modes de gestions, 3 hypothèses ont été considérées :

- Hypothèse (A) : les ouvrages sont maintenus en place et le recul est inexistant au droit de ces derniers.

- Hypothèse (B) : les ouvrages sont progressivement détruits et effacés à partir de leurs extrémités et selon les taux d'évolution observés à proximité.

- Hypothèse (C) : les ouvrages sont effacés et les taux d'évolution historique observés à leurs extrémités leur sont uniformément appliqués.

Les positions annuelles du trait de côte sont ainsi définies selon les six scénarios résultant de la combinaison des deux hypothèses sur les taux d'évolution et des trois hypothèses sur le devenir des ouvrages littoraux. Ces positions du trait de côte à des échéances lointaines reposent sur des hypothèses simplificatrices et ne doivent donc pas être considérées comme des prédictions, mais comme un moyen d'accéder à une évaluation globale à l'échelle nationale d'un ordre de grandeur des effets potentiels du recul du trait de côte ».

5.6 EVOLUTION MORPHOLOGIQUE ET BILAN SEDIMENTAIRE

5.6.1 Analyse à l'échelle des cellules hydrosédimentaires du Delta du Rhône

Pour être complète, l'analyse de l'efficacité des enrochements doit être complétée par une analyse du bilan sédimentaire. Ce travail a été réalisé par le CEREGE dans le cadre de la Tâche 3 l'étude **[L001]**. Les principales conclusions sont présentées ci-dessous.

« Le bilan sédimentaire général décroit depuis 1872 et devient négatif à partir des années 80s. Il passe d'un excédent de 2,1 millions m^3/an à la fin du XIX^{ème} siècle à un déficit de 5,4 millions m^3/an au début du XXI^{ème} siècle. Le déficit le plus important concerne la période la plus récente, entre 2006 et 2013 ».

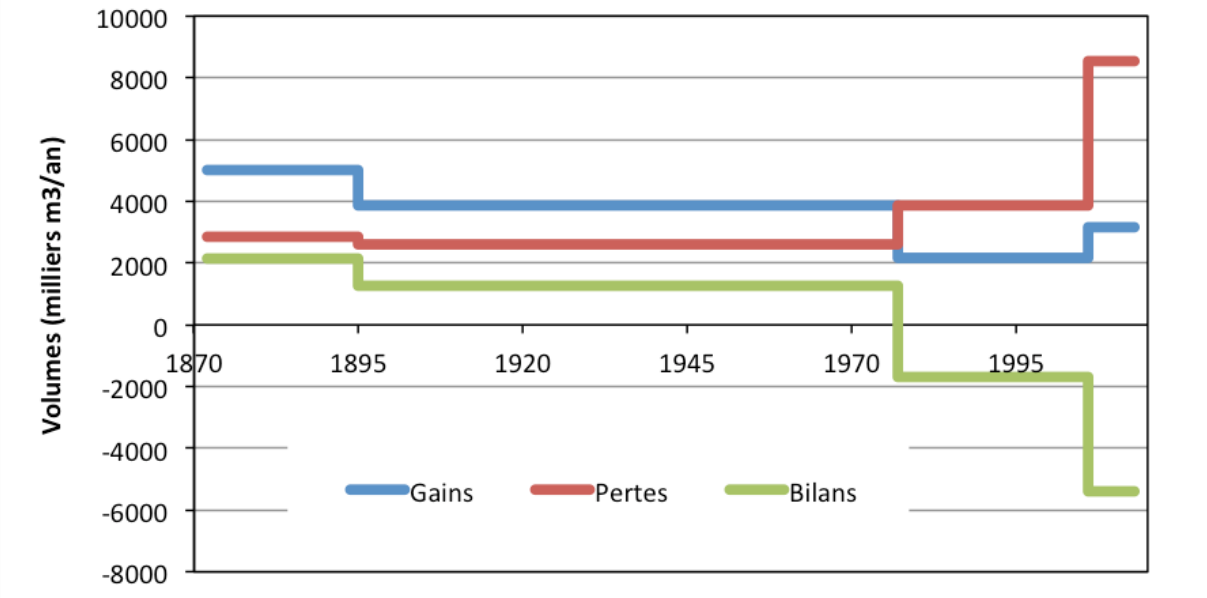


Figure 63 : Bilan sédimentaire général de l'avant côte du Rhône - source : [L001]

Les causes de cette diminution sont les suivantes :

- Diminution lente et continue des gains :
  - Cela concerne d'abord l'embouchure du Grand Rhône pour les raisons suivantes :
    - baisse documentée des apports sédimentaires du Rhône à la mer du fait d'une réduction du nombre de crues depuis la fin du Petit Age Glaciaire
    - revégétalisation du bassin versant en relation avec l'exode rural, la modification de pratiques pastorales et les actions de restauration des terrains de montagne

        - construction de barrages, extractions, endiguements, recalibrages…sur le Rhône et ses affluents qui prélèvent et/ou bloquent le transit des sédiments.
    - toutes les flèches (Espiguette, Beauduc, Gracieuse), c'est à dire les puits de stockages sédimentaires alimentés par les dérives littorales, montrent une diminution de leurs gains annuels. Ces résultats dévoilent le rôle majeur des pertes sédimentaires vers le large ainsi que la diminution des apports sédimentaires par le fleuve.

- Augmentation et accélération des pertes dans les secteurs en érosion et la dernière période, entre 2006 et 2013, montre les valeurs les plus élevées. Ce comportement est causé par l'augmentation significative de l'érosion sous-marine du littoral devant les Saintes-Maries-de-la-Mer, Faraman et Napoléon entre 2006 et 2013.

Quelques chiffres sur les gains sédimentaires :

- Embouchure du Grand Rhône :
    - 1,9 millions m^3/an à la fin du XIX^{ème} siècle
    - 0,05 millions m^3/an depuis 2006,

  Soit 40 fois moins d'apport annuel qu'il y a 150 ans

- Flèche de l'Espiguette :
    - 750.000 m^3/an à la fin du XIX^{ème}
    - 300.000 m^3/an aujourd'hui

  Soit une diminution d'un facteur 2,6

- Flèche de Beauduc :
    - 500.000 m^3/an à la fin du XIX^{ème}
    - 350.000 m^3/an environ aujourd'hui

  Soit une diminution d'un facteur 1,5

- Flèche de la Gracieuse :
    - 250.000 m^3/an à la fin du XIX^{ème}
    - 100.000 m^3/an environ

  Soit une diminution d'un facteur 2,4

Quelques chiffres sur les pertes sédimentaires :

- les valeurs passent de 2,8 à 8,5 millions de m^3/an environ sur 150 ans ;

- Littoral au droit des Saintes-Maries-de-la-Mer :
    - 0,5 millions de m3/an à la fin du XIX^{ème}
    - 2,5 millions m^3/an aujourd'hui

  Soit une augmentation d'un facteur 4,7

- Littoral de Faraman :
    - 0,9 millions m^3/an à la fin du XIX^{ème}

- 2,5 millions m^3/an aujourd'hui

Soit une augmentation d'un facteur 2,7

- Littoral de Napoléon :
  - 0,7 millions m^3/an à la fin du XIX^{ème}
  - 2,5 millions m^3/an aujourd'hui

Soit une augmentation d'un facteur 5,3

Les évolutions des bilans sédimentaires sont présentées sur la figure suivante :

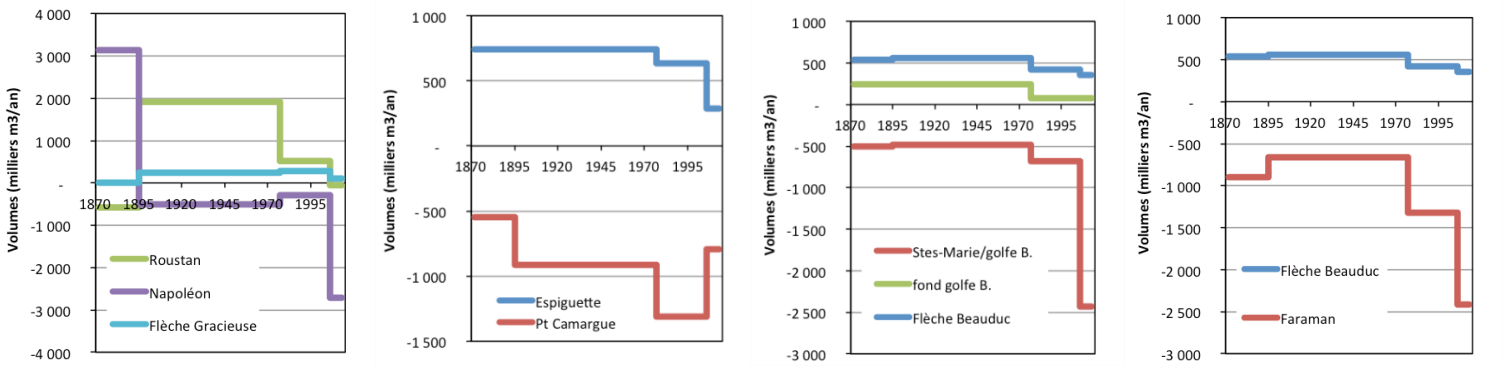


Figure 64 : bilans sédimentaires par secteur géographique – source : [L001]

5.6.2 Zoom sur le littoral des Saintes-Maries-de-la-Mer

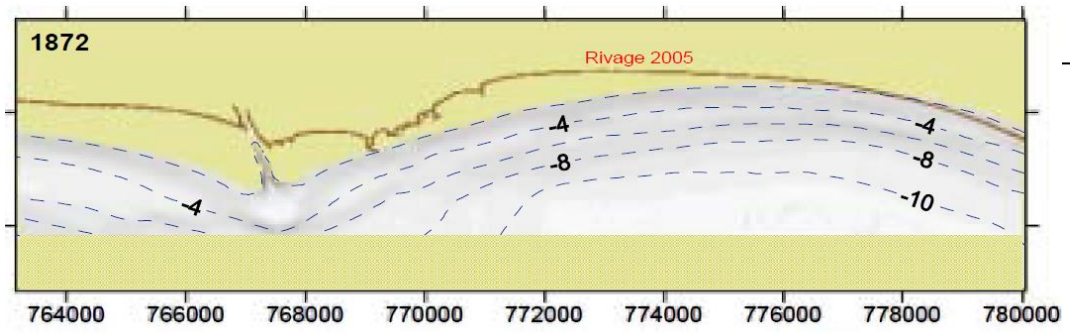
Une analyse précise de l'évolution des pentes des fonds marins dans le secteur des Saintes-Maries-de-la-Mer a été menée en 2007 dans le cadre de la thèse d'O. Samat « Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du Delta du Rhône » **[L008]**. Ce travail s'appuie sur des données bathymétriques des années 1872, 1895, 1974, 1980 et 2005. Une partie des résultats est rappelée dans ce paragraphe. Le Symadrem a également complété l'analyse en exploitant les résultats d'un relevé bathymétrique réalisé en 2018 par Geocart'eau pour le Symadrem. Le périmètre de ce relevé étant parfois trop restreint pour mener l'analyse, il a été complété lorsque cela été nécessaire par les données du relevé Litto3D réalisé en 2015.

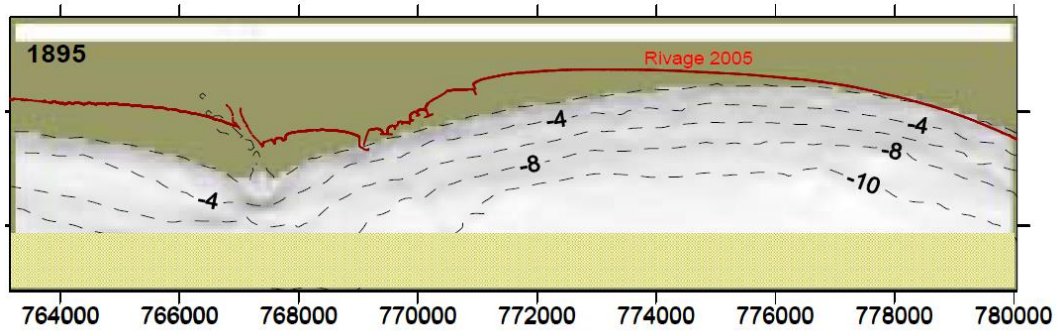
Deux types de résultats sont présentés ci-après :

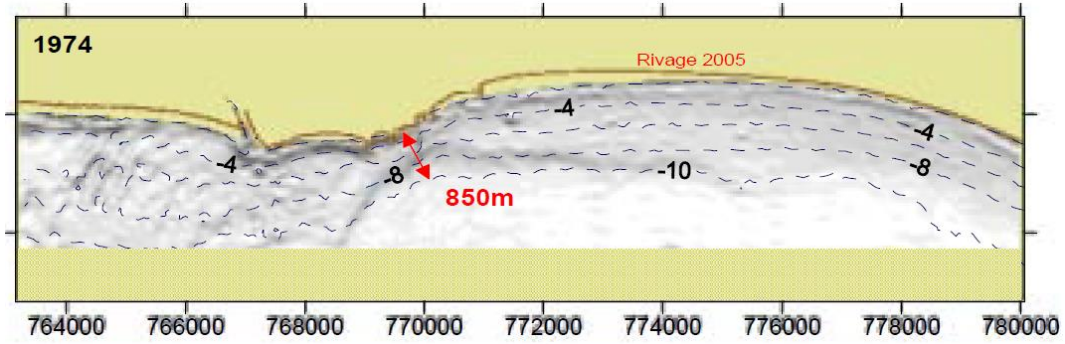
- Vues en plan des isobathes (ou cartes des pentes) pour les années 1872, 1895, 1974, 1980, 2005 et 2018 ;
- Comparaison de profils de plage transversaux du secteur étudié pour les années 1872, 1895, 1974, 1980, 2005, 2015/2018

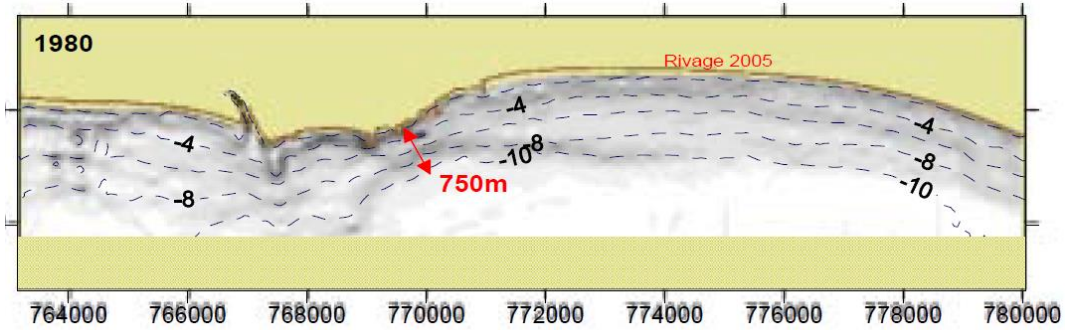
- Vues en plan des isobathes :

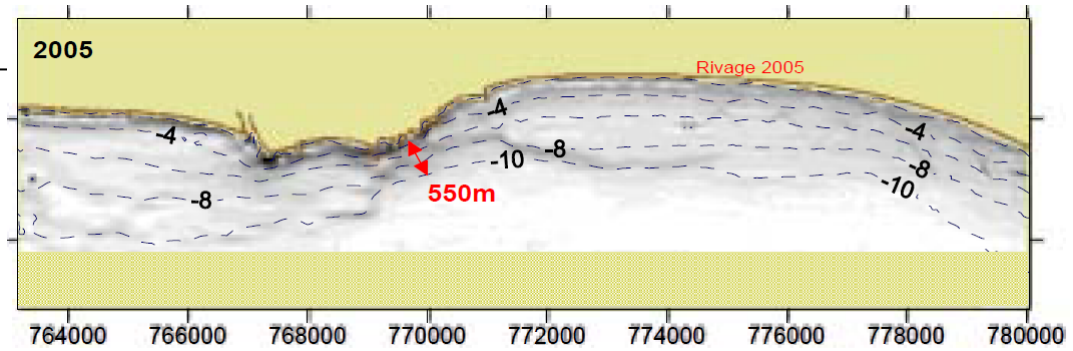
Les positions des isobathes sont présentées sur la figure ci-dessous pour les dates précitées :

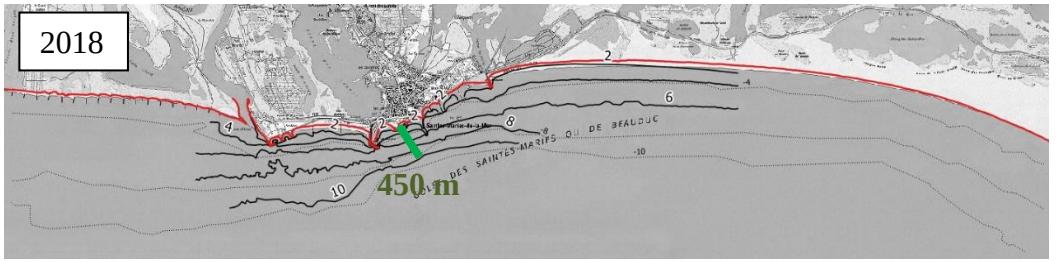


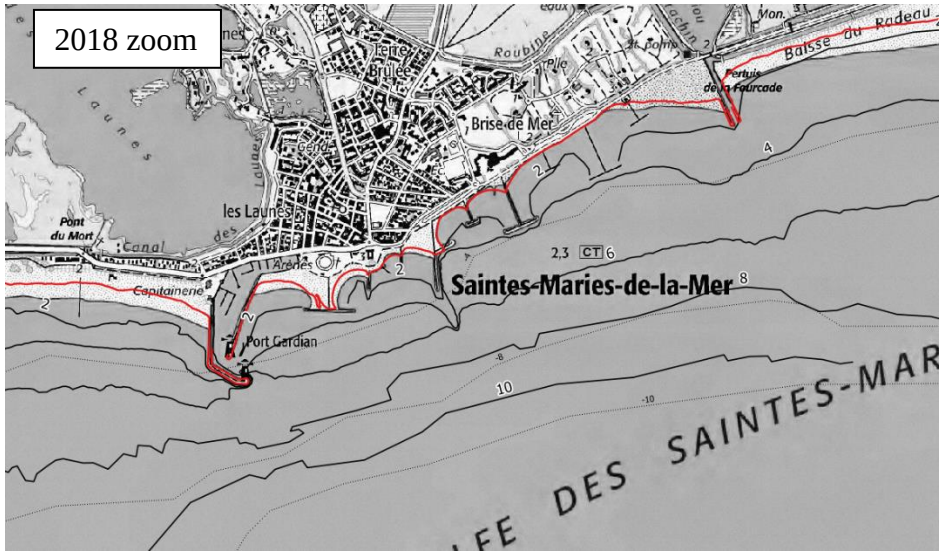












Les isobathes de 2005 sont représentées en pointillé sur les cartes de 2018

Figure 65 : Positions des isobathes de 1872 à 2018 – source de 1872 à 2005 : [L008] – source 2018 : Symadrem

Dans la thèse précitée **[L008]** l'analyse est la suivante : « la comparaison des pentes sur les MNT traités (1895, 1974, 1980 et 2005) met en évidence plusieurs phénomènes. Tout d'abord une homogénéité relative des valeurs de pente à la fin du XIX^{ème} siècle (1895) qui s'oppose à la forte irrégularité observée en 1974-1980 et 2005. […] ». Cette irrégularité se confirme sur la carte de 2018.

« Une zone se démarque au large, autour de l'isobathe -8m. Elle présente une organisation des lignes de pentes maximales en arc de cercle, orienté SSW- Est. Le phénomène majeur est ici la migration de cet arc des fortes pentes vers le NW. La distance de cet arc de fortes pentes par rapport à la côte, passe en effet d'environ 850 m en 1974 à 750 m en 1980, puis 550 m en 2005 ».

Cette distance est réduite à 450 m environ en 2018. Sur cet arc de cercle, la distance entre les isobathes -10 m de 2005 et de 2018 varie de 90 à 160 m, soit un recul de l'ordre de 7 à 12 m/an.

La conclusion suivante se confirme donc : « L'ensemble de ces constats confirme non seulement une érosion importante, mais également une modification des fonds avec un raidissement des pentes, conduisant à une fragilisation accentuée du littoral au droit de la ville des Saintes-Maries-de-la-Mer ».

- <u>Comparaison des profils de plage transversaux :</u>

Ce travail s'appuie sur la comparaison de cinq profils localisés autour de Saintes-Maries. La localisation des profils est celle définie dans la thèse d'O. Samat **[L008]** :

Figure 66 : Localisation des profils de plage transversaux

Les profils sont les suivants. L'axe des abscisses indique la distance en mètre. L'axe des ordonnées indique la profondeur en mètre :

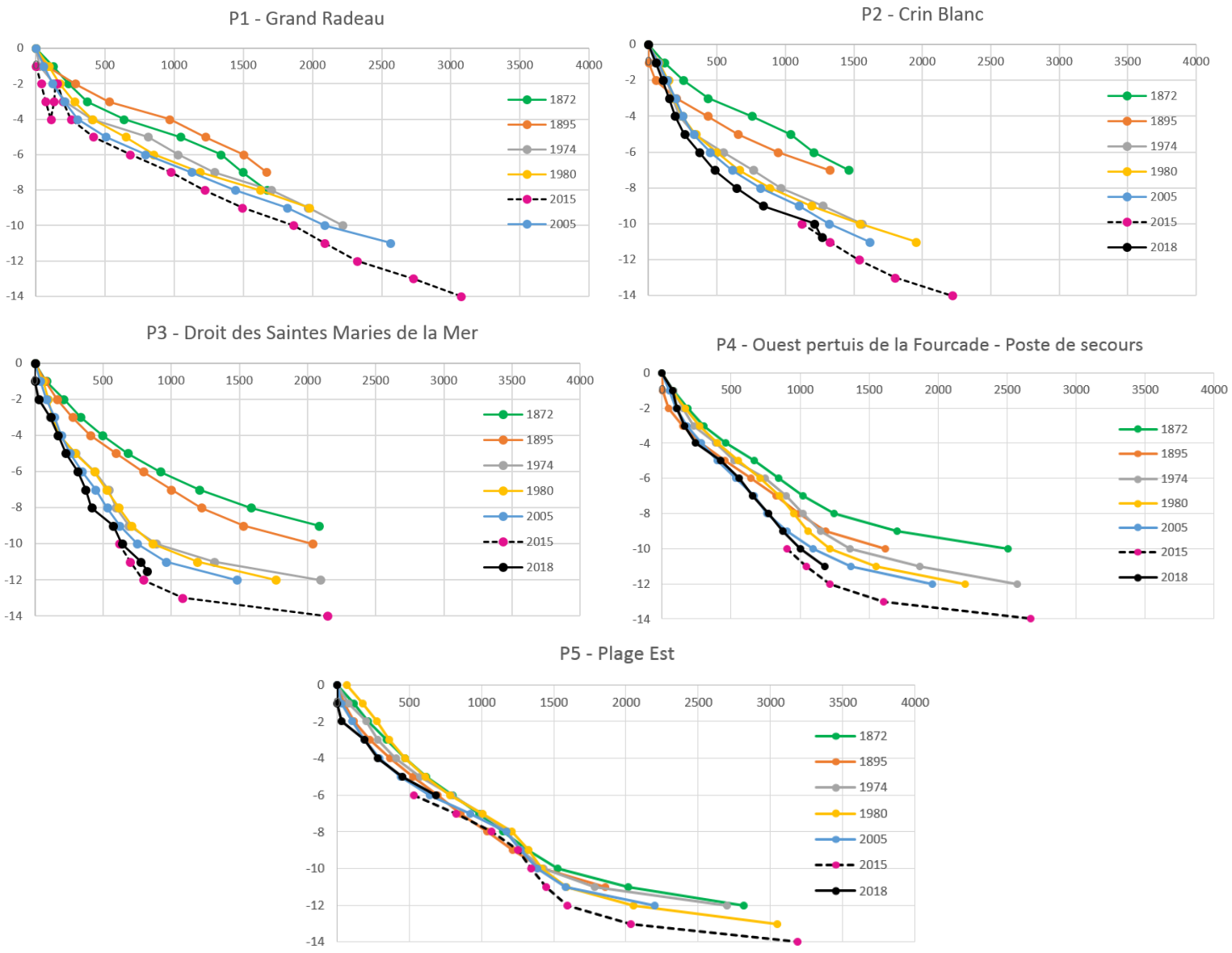


Figure 67 : Evolution des profils de plage transversaux

Dans la thèse précitée, l'analyse est la suivante : « En termes de morphologie, le profil P1 se différencie des autres par sa forme rectiligne. Les profils P2 à P5 présentent en effet une forme concave. Une évolution des fonds spatialement hétérogène apparait. En effet la profondeur de fermeture sur une période de 133 ans diffère sur les divers profils étudiés. Elle se situe autour de -12m sur les profils P1 et P5 (profils de part et d'autre de la ville) et au-delà de 14 m (non atteinte à partir de la comparaison de nos profils) sur la section au droit de la ville (P2 et P3).
Il ressort aussi qu'à l'intérieur d'une même cellule sédimentaire (Sabatier 2001), de fortes disparités peuvent apparaître ».

La profondeur de fermeture du profil correspond à la limite sous-marine à partir de laquelle on n'enregistre plus de variations significatives des profils bathymétriques (Hallermeier, 1981).

Plus généralement la profondeur de fermeture permet de définir l'extension transversale de la mobilité d'un profil de plage très utile pour évaluer la réponse morphologique globale des fonds aux dynamiques marines.

La superposition de la bathymétrie 2015/2018 sur ces mêmes graphiques amène à l'analyse suivante :

- La profondeur de fermeture des profils a augmenté, y compris sur les profils situés de part à d'autre de la ville P1 et P5. L'étendue des relevés bathymétriques anciens ne permet pas de définir cette profondeur avec précision ;
- La comparaison des pentes des profils de 2005 avec celles de 2015/2018 met en évidence un raidissement des pentes généralisé à l'ensemble du profil jusqu'à la profondeur de fermeture, sauf pour P4 et P5 où le raidissement des pentes commencent à partir de -10 m, les profils P4 et P5 étant relativement stable aux profondeurs inférieures.

Ces résultats peuvent être mis en lien avec les évolutions des fonds de l'avant côte présentée dans la tâche 3 de l'étude récente du CEREGE **[L001]**. Les cartes présentées ci-dessous montrent qu'entre 1970 et 2006, les différences bathymétriques en m/an entre 1970 et 2006 sont bien moins importantes, dans le secteur où les profils ont été comparés – entouré en jaune, qu'entre les années 2006 et 2013. Au niveau de la plage Est, on retrouve un approfondissement important à partir de 1,5/2 km du rivage.

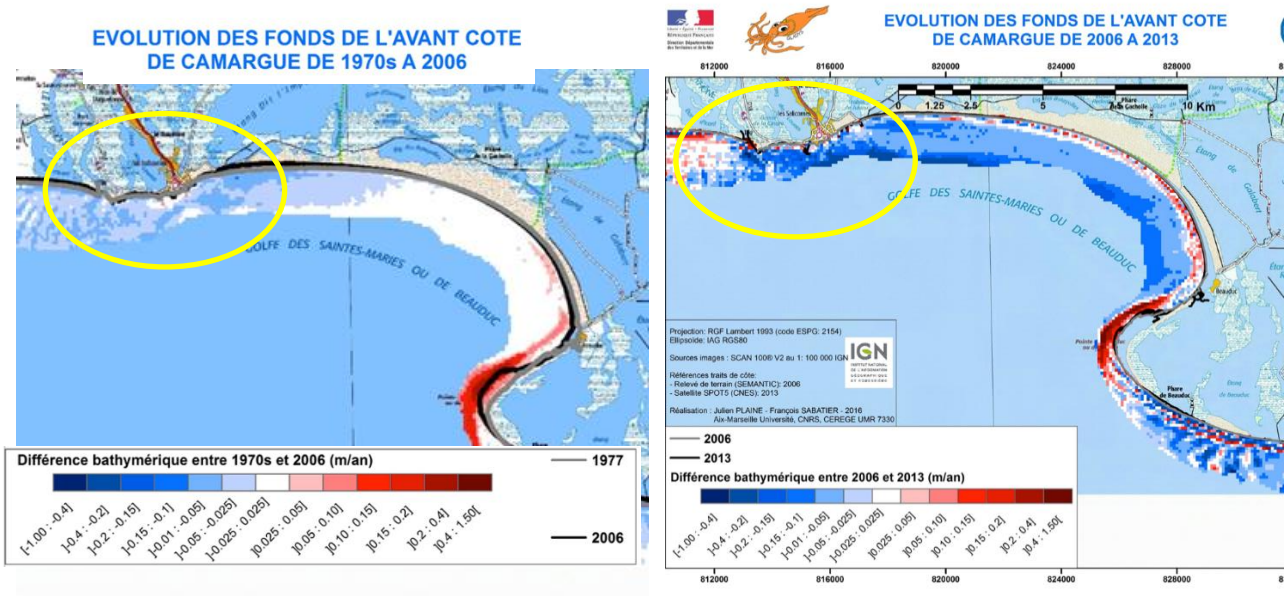


Figure 68 : Evolution des fonds de l'avant-côte aux Saintes-Maries-de-la-Mer (source : [L001])

En conclusion, la thèse **[L008]** indiquait « Cette étude des variations des pentes a permis de confirmer le caractère hétérogène du secteur mis en évidence dans l'analyse des bilans sédimentaires. La relative stabilité morphologique des profils de part et d'autre de la ville contraste en effet avec la forte instabilité de la section au droit du secteur stabilisé des Saintes Maries de la Mer ».

L'analyse des données bathymétriques récentes semble montrer que les tendances observées jusqu'en 2005 se poursuivent. L'instabilité semble également s'étendre aux profils situés de part et d'autre de la ville.

5.6.3 Zoom sur le secteur de la digue de Véran

D'après l'étude du CEREGE **([L001])** :

« Pour le littoral de Faraman, la partie Est de la plage de Piémanson, avant la zone en accumulation de l'embouchure et les petits fonds, au niveau de la digue de Véran connaissent l'érosion la plus forte. Cette dernière zone, où les enrochements s'effondrent, montre une érosion chronique et forte depuis 1895 du fait de la bathymétrie lobée en relation avec l'ancienne embouchure du Rhône du Bras de Fer. Par conséquent, et à cette échelle spatio-temporelle, on ne doit pas ici surinterpréter le rôle des enrochements qui augmenteraient spécifiquement l'érosion de ce secteur (même si ce phénomène est mis en évidence par d'autres méthodes dans la thèse de Samat 2007). Nous rappelons que si des enrochements ont été édifiés ici, c'est précisément parce que l'érosion et le recul du rivage étaient très élevés avec, en arrière, une activité économique à conserver. **Les enrochements contribuent à l'érosion sous-marine en augmentant la réflexion des vagues mais ils n'ont pas déclenché ce processus historique** (probablement depuis 1711 avec le changement de cours du Rhône du Bras de Fer au profit de celui de Pégoulier) ».

Le diagnostic du plan de gestion des Etangs et des marais des Salins de Camargue (Conservatoire du Littoral, 2022) fournit les explications suivantes, portant notamment sur le phénomène d'overswash :

« L'*overwash* désigne un processus de transfert d'eau et de sédiments sur une dune côtière, une crête de plage ou un aménagement, lors des événements de tempête ou autres situations de hautes eaux. Il s'accompagne de dépôts des sédiments en arrière de la côte.

Les chenaux temporaires ou permanents, se formant au niveau des brèches [qui se sont formées sur les digues sous l'effet des tempêtes et qui n'ont pas été réparées], contribuent également aux transferts de sédiments vers les étangs. Les processus sont à l'origine de la reconstitution des lidos et participent à leur translation en direction des étangs. **Ainsi, un ensablement rapide intervient en arrière des anciennes digues, sur la plus grande partie du lido de l'étang de Beauduc. Un ensablement est aussi observé en arrière de la brèche située dans le sud-ouest de l'étang de Sainte-Anne**. Toutefois, l'accumulation de ces stocks de sédiments sur le bord des étangs semble favorisée par la présence des anciennes digues, celles-ci jouant le rôle de brise-lame. Lorsque ces anciennes digues se sont davantage enfoncées en mer ou ont disparu, on observe une reprise rapide du recul du trait de côte ».

5.6.5 *Analyse à l'échelle de la cellule hydrosédimenataire du Golfe d'Aigues Mortes*

Dans le cadre de l'étude pour la gestion des sédiments du littoral d'Occitanie **[L005]**, des cartes de l'évolution bathymétrique entre 2009 et 2015 ont été établies. Elles sont présentées ci-dessous.

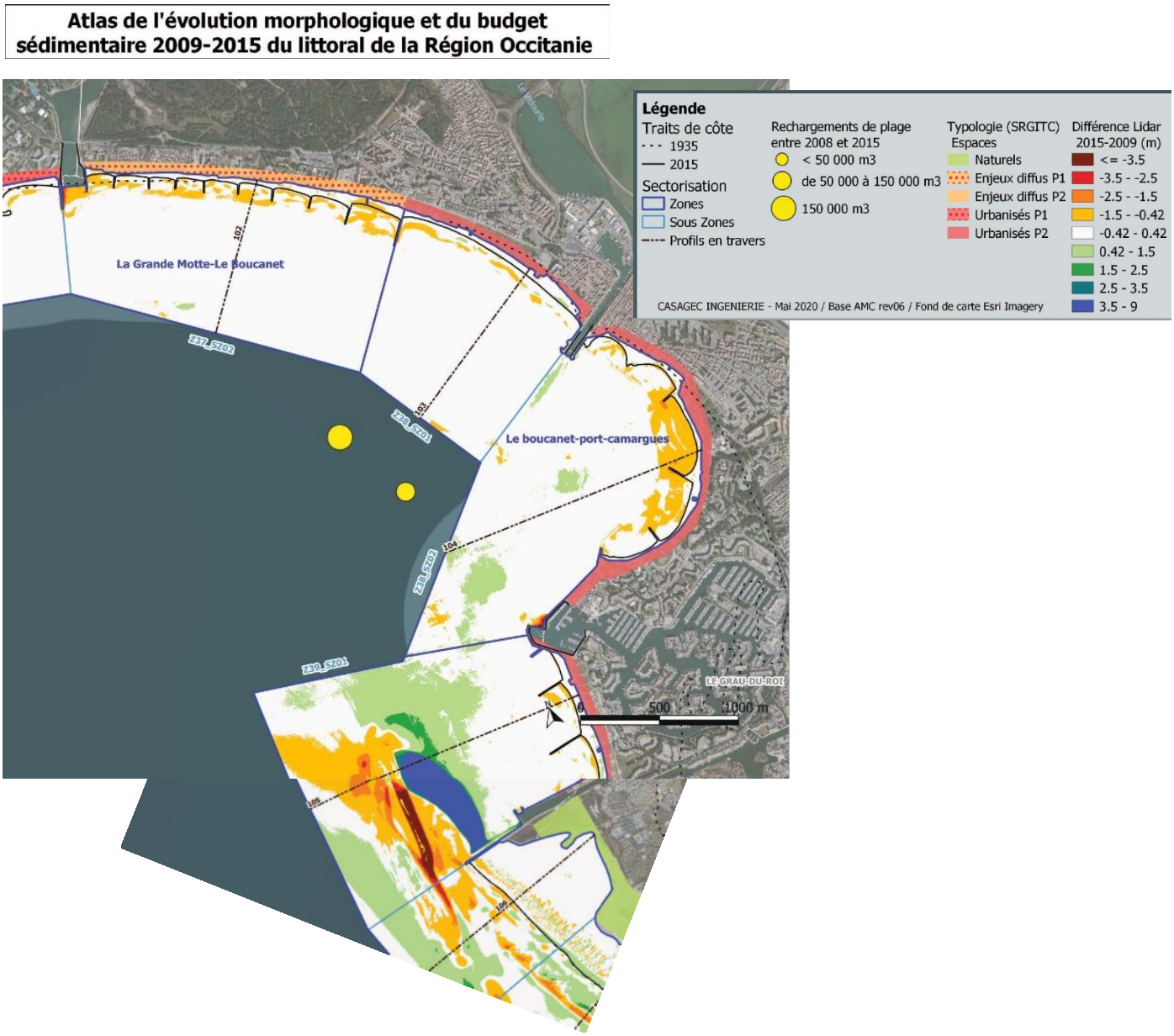


Figure 69 : Atlas de l'évolution morphologique et budget sédimentaire 2009-2015 du littoral de la Région Occitanie – Source : [L005]

- Entre la passe des Abîmes et l'entrée de Port Camargue (correspondant aux cellules Z37-SZ02 à Z38-SZ02 inclus) :

Entre la Passe des Abimes et l'entrée de Port Camargue, l'évolution bathymétrique est faible entre 2009 et 2015. Seuls les secteurs suivants sont concernés par une perte de sédiments sur un delta compris entre -0.42 m et 1,5 m (soit une différence bathymétrique comprise entre 0,05 m/an et 0,17 m/an) :

- Plage du Boucanet (secteur avec les épis). A noter que ce secteur a été rechargé avec un volume de 170 000 m^3 environ ;
- Plage Rive gauche.

Sur la période 2015-2009, ce secteur comptabilise un bilan sédimentaire de – 123 900 m^3, auxquelles viennent s'ajouter les – 172 273 m^3 utilisés pour les rechargements sur ces secteurs pour cette même période. Le bilan est donc d'environ – 300 000 m^3 en 6 ans.

- Entre l'entrée de Port Camargue et la digue d'arrêt de l'Espiguette (flèche de l'Espiguette) (Z39-SZ01) :

Entre l'entrée de Port Camargue et la digue d'arrêt de l'Espiguette, les apports sédimentaires sont massifs, et les bilans sédimentaires largement positifs, malgré les nombreux prélèvements réalisés pour des opérations de rechargement.

En effet, la flèche de l'Espiguette est identifiée comme la source principale de sédiments pour les rechargements (passés ou à venir) en région Occitanie. L'étude **[L005]** liste l'historique des prélèvements de la flèche de l'Espiguette :

- 2008 : un prélèvement 1 070 000 m^3 pour le rechargement des plages de la Baie d'Aigues Mortes (Palavas : 300 000 m^3 / Carnon Est : 205 000 m^3 / Petit et Grand Travers : 410 000 m3 / Boucanet : 155 000 m^3) ;
- Fin 2014 : un prélèvement de 350 000 m^3 pour le rechargement du Lido de Sète,
- Avril 2015 : un prélèvement de 221 150 m^3 pour la tranche 1 du rechargement du Lido de Frontignan,
- 2019-2020 : prévision d'un prélèvement de 200 000 m^3 pour le projet de protection du lido de Frontignan tranche 2.

Concernant ce secteur, l'étude indique :

« La flèche sédimentaire sous-marine de l'Espiguette est située au Nord-Ouest immédiat de l'extrémité de la digue portant le même nom et au Sud-Ouest de l'entrée de Port-Camargue. La formation de cette flèche est la résultante des transits sableux naturels orientés d'Est en Ouest sur cette zone et du blocage opéré par la digue. Historiquement, la zone de la pointe de l'Espiguette, alors sans aucun aménagement, était caractérisée par la présence continue et successive de flèches sédimentaires (ou crochons) émergeantes. La création de Port-Camargue a nécessité la réalisation de la digue de manière à bloquer les transports sableux et sécuriser par la même l'entrée du port. Une fois la saturation de la plage contre la digue atteinte, les sables ont contourné son musoir pour venir progressivement développer une flèche sédimentaire sous-marine et ensabler le port.

Afin de caractériser l'évolution du stock sédimentaire sur la flèche de l'Espiguette des différentiels bathymétriques ont été calculés à partir des données Litto3D (source SHOM) de 2009, 2011 et 2015 (réalisé post prélèvements) et de la bathymétrie de 2018 (source DREAL Occitanie). Entre 2009 et 2018, une accrétion moyenne de 142 000 m^3/an s'observe malgré un volume prélevé entre 2014 et 2015 de 571 000 m^3. Le volume net de sable reste ainsi excédentaire quelle que soit la période considérée. À la suite des prélèvements, un comblement progressif de la zone d'extraction s'enregistre, témoin d'une bonne résilience du site.

D'une manière générale, ce volume net de sable excédentaire, évalué à plus de 3 millions de m^3 au-dessus de la côte -8 m NGF au moment de la bathymétrie de 2018, tend à augmenter en partie Est du flanc ».

La carte des différences bathymétriques entre 2009 et 2018 ainsi que le volume de sédiments disponibles sont présentés sur la figure suivante – source **[L005]** :

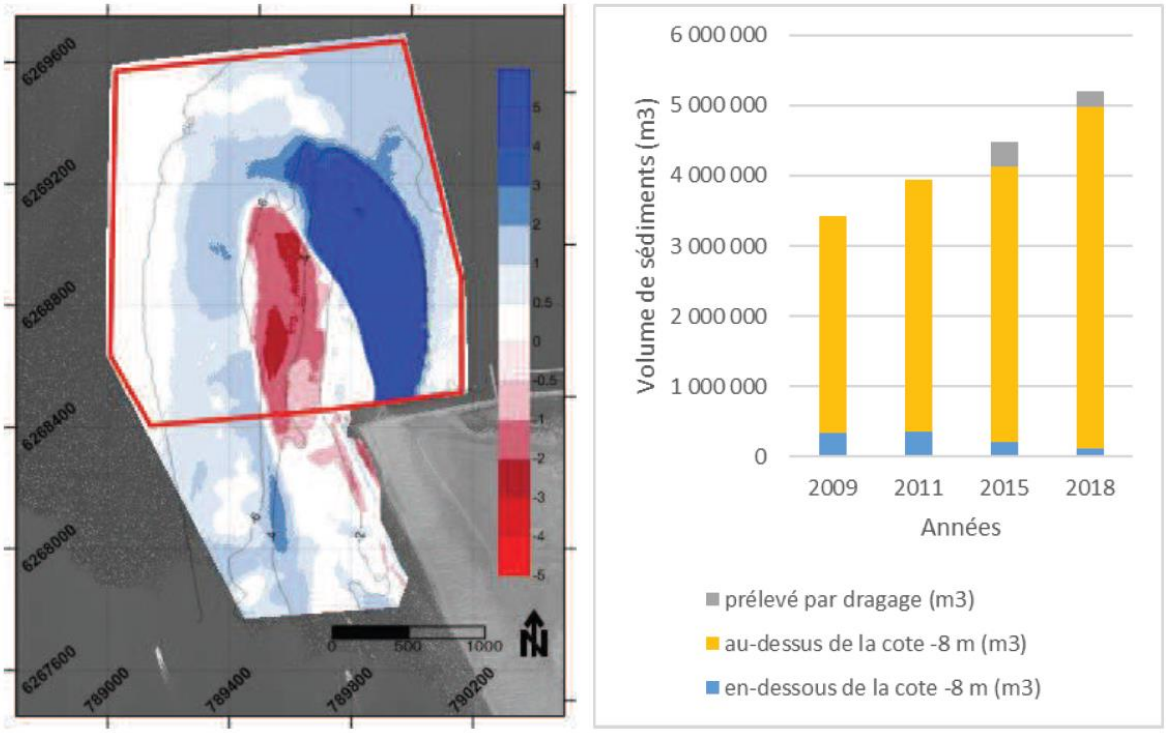


Figure 70 : flèche de l'Espiguette : carte des différences bathymétriques entre 2018 et 2009 et graphique des évolutions des volumes (source [L005])

5.6.6 Synthèse des bilans sédimentaires des cellules

La cartographie ci-dessous synthétise les bilans sédimentaires par année et par kilomètre.

De la passe des Abimes à l'entrée de Port Camargue, les données sont issues de l'étude de Casagec **[L005]**, elles sont établies d'après une analyse sur la période 2009-2015. Entre l'entrée de Port Camargue et le They de la Gracieuse, les données sont issues de l'étude du CEREGE **[L001]**, elles sont établies d'après une analyse sur la période 2006-2013.

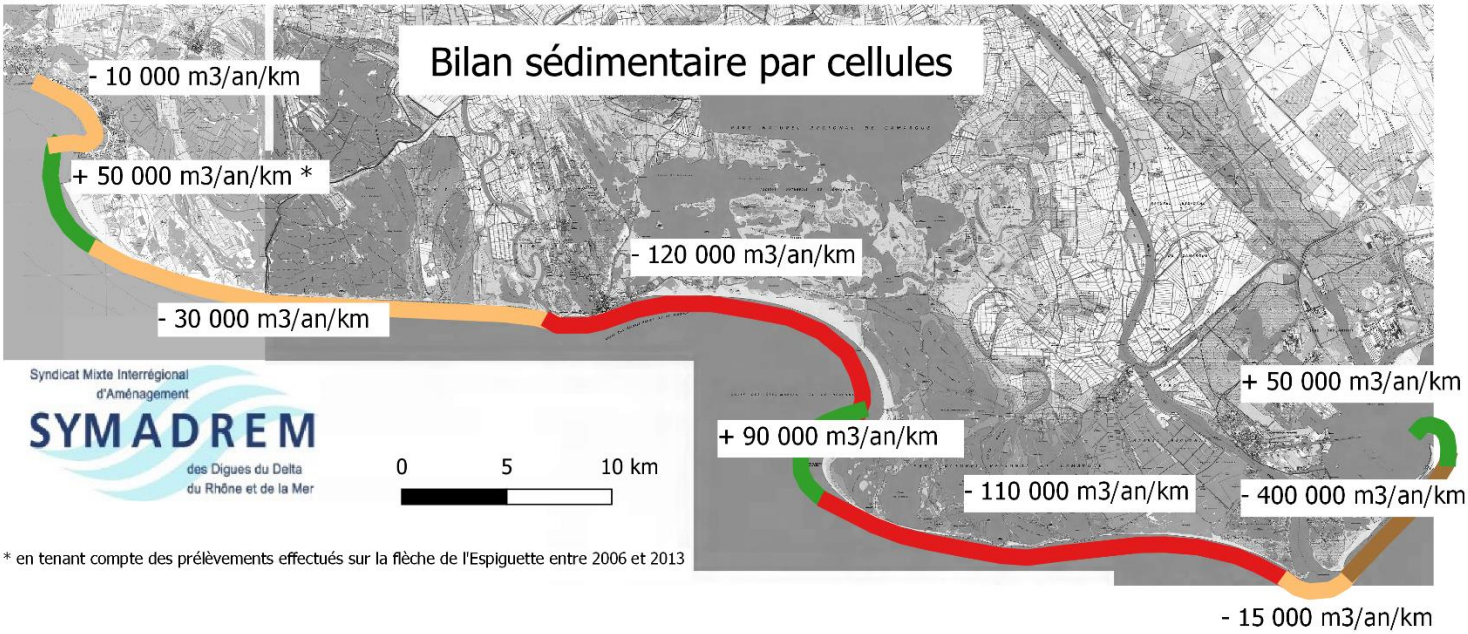


Figure 71 : Bilan sédimentaire par cellules – période d'analyse : 2006-2013 (sauf Golfe de Aigues Mortes : 2009-2015)

Concernant les cellules en perte sédimentaire, on note les pertes importantes dans le secteur de la plage Napoléon (Port-Saint-Louis-du-Rhône), suivi des secteurs de Famaran et des Saintes-Maries-de-la-Mer/Golfe de Beauduc.

Des pertes sédimentaires sont également observées, mais dans une moindre mesure en Petite Camargue et dans le Golfe de Aigues-Mortes.

5.7 CLASSIFICATION ET HIERARCHISATION DES ENJEUX CONCERNES PAR LE RISQUE « EROSION DU TRAIT DE COTE »

5.7.1 Principe de la classification

Pour définir des typologies d'espaces littoraux, la DREAL Occitanie a mis en place une méthode pragmatique basée sur le mode d'occupation du sol, la configuration des espaces, leur dynamique sédimentaire, la connaissance et l'observation des territoires. Ces paramètres indiquent le degré d'exposition des espaces côtiers à l'aléa érosion côtière. Ce travail a conduit à l'élaboration de la Stratégie Régionale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (ou SRGITC) publiée en 2018 **[L009].**

Dans le cadre de l'élaboration de la stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône, ce travail a été affiné et poursuivi sur le littoral bucco-rhodanien jusqu'à la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône.

Le travail présenté ci-dessous s'inspire donc de la méthodologie déployée dans la SRGITC. Le détail méthodologique est présenté en Annexe (§ 10.5).

Les trois catégories d'espaces et deux notions d'urgence à agir sont les suivantes :

- les espaces naturels ;
- les espaces à enjeux diffus et/ou déplaçables :
  - avec une urgence à agir, notée « priorité 1 » ;
  - avec une moindre urgence à agir, notée « priorité 2 » ;
- les espaces urbanisés :
  - avec une urgence à agir, notée « priorité 1 » ;
  - avec une moindre urgence à agir, notée « priorité 2 ».

Au stade du diagnostic, le travail consiste uniquement en un découpage des espaces et une priorisation sur deux niveaux. Les modes de gestion à appliquer à chaque espace (gestion dure, souple, laisser faire…etc..) seront définies dans les phases ultérieures de l'étude, lors de l'écriture du volet « stratégique ».

Les problématiques et enjeux du littoral Occitan étant différents de ceux du littoral du Grand Delta du Rhône, les modes de gestion appliqués à chaque espace ne seront pas forcément ceux de la SRGITC.

Les aléas « submersion marine » et « érosion » sont étroitement liés : lors des tempêtes, la surélévation du plan d'eau et l'énergie plus grande des houles accélèrent l'érosion. D'autre part, le recul du littoral et la disparition des cordons dunaires rend les aménagements plus vulnérables à la submersion marine.

Toutefois**, l'approche développée dans ce paragraphe sur le littoral du Grand Delta du Rhône ne tient compte que de l'aléa érosion**. En effet, il n'est pas pertinent de raisonner sur la submersion marine en se basant sur un découpage en tronçon du rivage, puisque l'eau rentrée

sur les terres par submersion (au niveau d'un point bas par exemple) s'écoule et peut atteindre des zones situées en arrière de tronçon où il n'y a pas forcément de problématique érosive.

La problématique de l'aléa submersion marine est développé dans les autres paragraphes de ce rapport.

Trois distances sont utilisées dans la SRGITC : 100 m, 150 m et 250 m. Le détail est donné ci-dessous :

- « Les espaces naturels sont les espaces où l'occupation du sol est « naturelle », il n'y a pas d'hébergements ni d'infrastructures sur une zone d'au moins 250 mètres à partir du rivage » (page 25 de la SRGITC).

- « Les espaces à enjeux diffus et/ou déplaçables de priorité 1/2 regroupent des espaces […] où les enjeux sont éloignés du rivage à plus de 150 m mais. […] » (page 28 de la SRGITC)

- « Occupation du sol : « Naturelle : Ce sont les secteurs sur lesquels il n'y a pas de construction ou d'hébergement sur une zone d'au moins 100 mètres à partir du rivage ». (Page 73 de la SRGITC)

- « La présence d'enjeux humains : Si des hébergements, infrastructures ou activités sont présents sur une zone d'au moins 100 mètres à partir du haut de plage ». (Page 73 de la SRGITC)

Par soucis de simplification, mais également par adaptation au contexte local (il n'y a généralement pas d'enjeux dans la bande de 250 m lorsqu'il n'y en a pas dans la bande de 100 m, et inversement), **seule la distance de 250 m à partir du rivage a été retenue pour mener ce travail.**

5.7.2 Typologie d'espaces littoraux

Les cartographies sont présentées dans les pages suivantes.

Les paramètres pris en compte pour définir la **vulnérabilité** du littoral vis-à-vis du risque d'érosion du trait de côte sont :

- la présence d'enjeux et leur importance,
- le taux de recul du trait de côte,
- la présence ou non d'une zone de mobilité,
- la présence ou non d'ouvrage
- l'évolution du budget sédimentaire.

Les paramètres pris en compte pour définir **les typologies d'espaces littoraux** sont :

- l'occupation du sol,
- la présence et le type d'enjeu,

- la configuration du secteur,
- la dynamique sédimentaire.

Le détail méthodologique et le tableau tronçon par tronçon est présenté en Annexe (§ 10.5).

Le travail de définition de l'occupation du sol, du niveau d'enjeux, de la vulnérabilité vis-à-vis du risque d'érosion du trait de côte et de la typologie de la vulnérabilité a été fait de la façon la plus objective possible, en appliquant la méthodologie détaillée.
Pour certains secteurs listés ci-dessous, le choix a été fait de modifier la typologie de la vulnérabilité initialement obtenue. Le détail et les justifications sont présentés ci-dessous :

- **Tronçon 10 : « Capelude » au Grau-du-Roi**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie Naturelle. Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Diffus Priorité 2 » de façon à être cohérent avec la SRGITC qui indiquait pour ce secteur : *« C'est une zone naturelle mais les enjeux économiques sont très importants (salins et tourisme). L'artificialisation est très forte, plus de 50% de la zone est recouverte par des épis construits entre 1975 et 1997. Le recul du trait de côte est très important sur cette zone allant de -1 à -2,5 mètres par an. Les ouvrages sont devenus inefficaces et semblent accélérer l'érosion. Quel mode de gestion est à adopter pour ce territoire ? Faut-il enlever les ouvrages et envisager un nouveau mode de protection ? Un mode de gouvernance impliquant les parties prenantes devra être mis en place » ;*

- **Tronçon 13 « Clos du Rhône » aux Saintes Maries de la Mer**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie « Espaces Diffus de Priorité 1 ». Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Espaces Urbains de Priorité 2 » en raison de la présence de la digue à la mer sur ce secteur, de sa proximité avec le centre-ville dense des Saintes Maries, et du bilan sédimentaire fortement négatif entrainant un approfondissement des fonds au droit des ouvrages existants. De plus, le Camping du Clos du Rhône est un enjeu ne pouvant être déplacé, compte tenu de la configuration du secteur (entre mer, aménagement routier et marais). Ce tronçon assure également une protection du village en limitant le risque d'ennoiement par l'ouest.

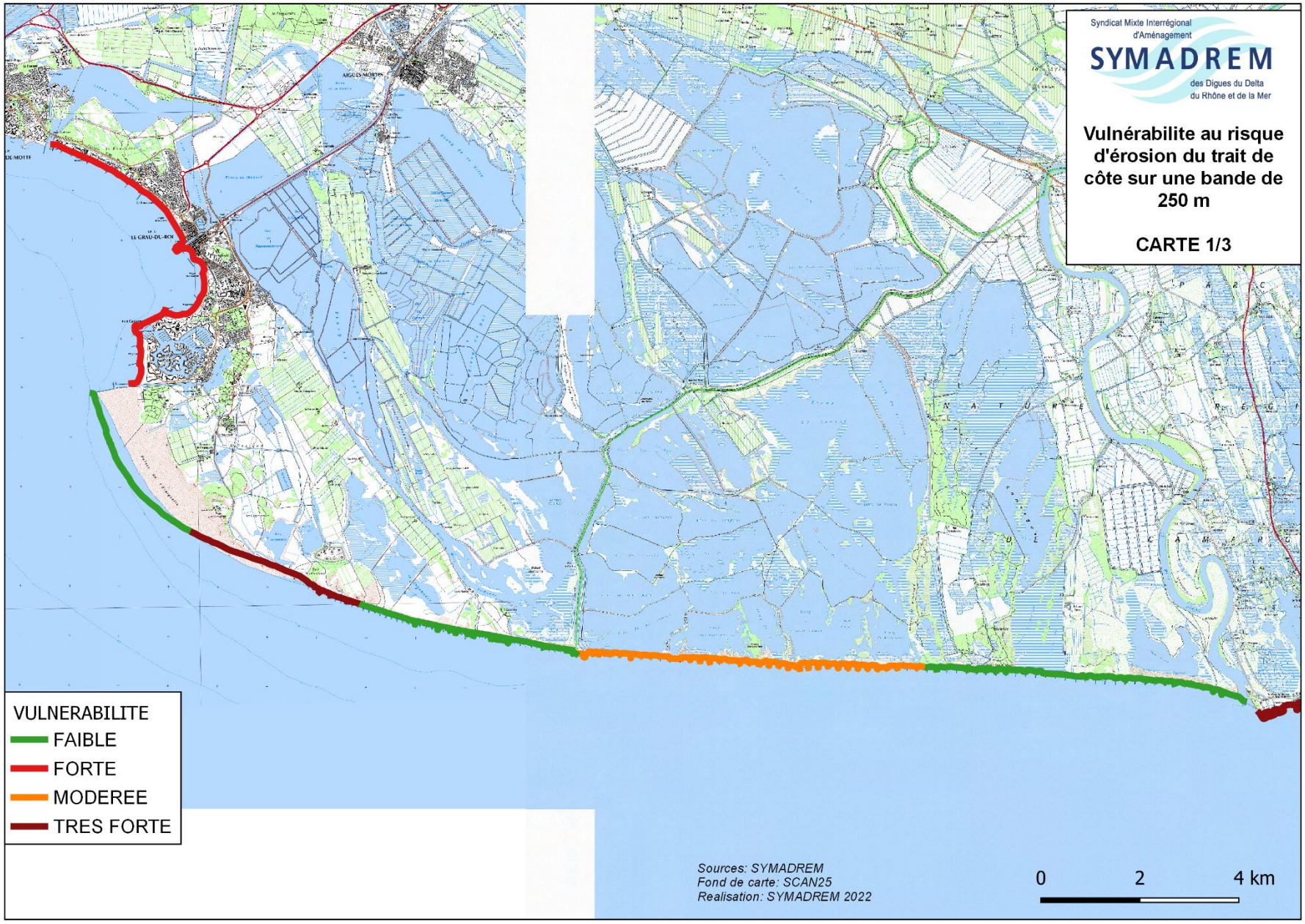
- **Tronçon 15 « camping La Brise » aux Saintes Maries de la Mer**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie « Espaces Diffus de Priorité 1 ». Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Espaces Urbains de Priorité 2 » pour les mêmes raisons que le tronçon 13. En effet, le Camping de la brise est un enjeu ne pouvant être déplacé, compte tenu de la configuration du secteur (entre mer, canal de ceinture et étang). Ce tronçon assure également une protection du village en limitant le risque d'ennoiement par l'est. Ce tronçon est également bordé par le pertuis de la Fourcade, ouvrage structurant pour le ressuyage de la Camargue insulaire sur lequel un projet de rénovation et d'agrandissement est en cours, ainsi que par la station de l'Eolienne, outil indispensable au ressuyage des eaux pluviales urbaines de la commune.

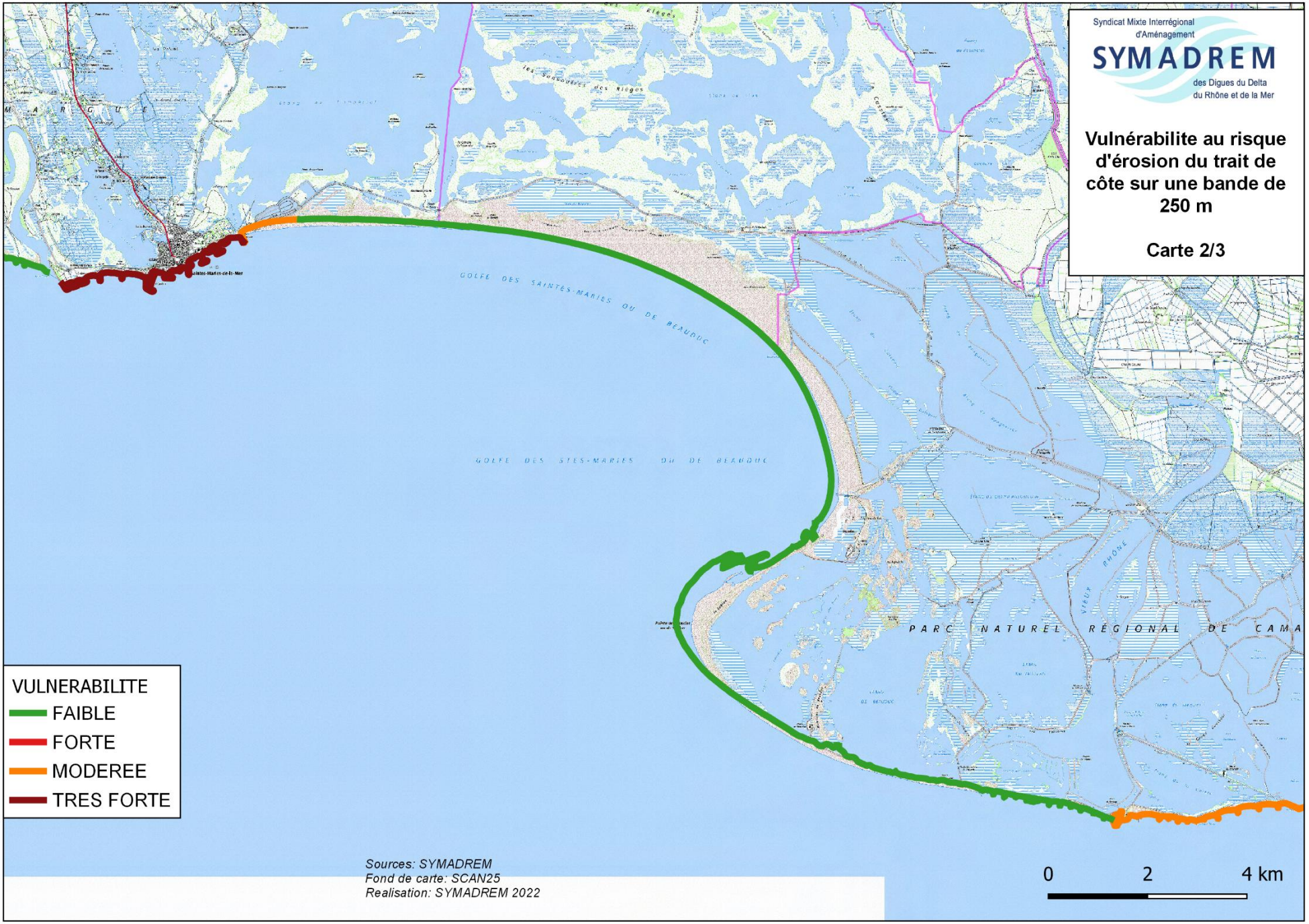
- **Tronçon 16 « Plage Est » aux Saintes Maries de la Mer**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie « Espaces Diffus de Priorité 1 ». Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Espaces Urbains de Priorité 2 » en raison de la présence de la digue à la mer sur ce secteur, de sa proximité avec le

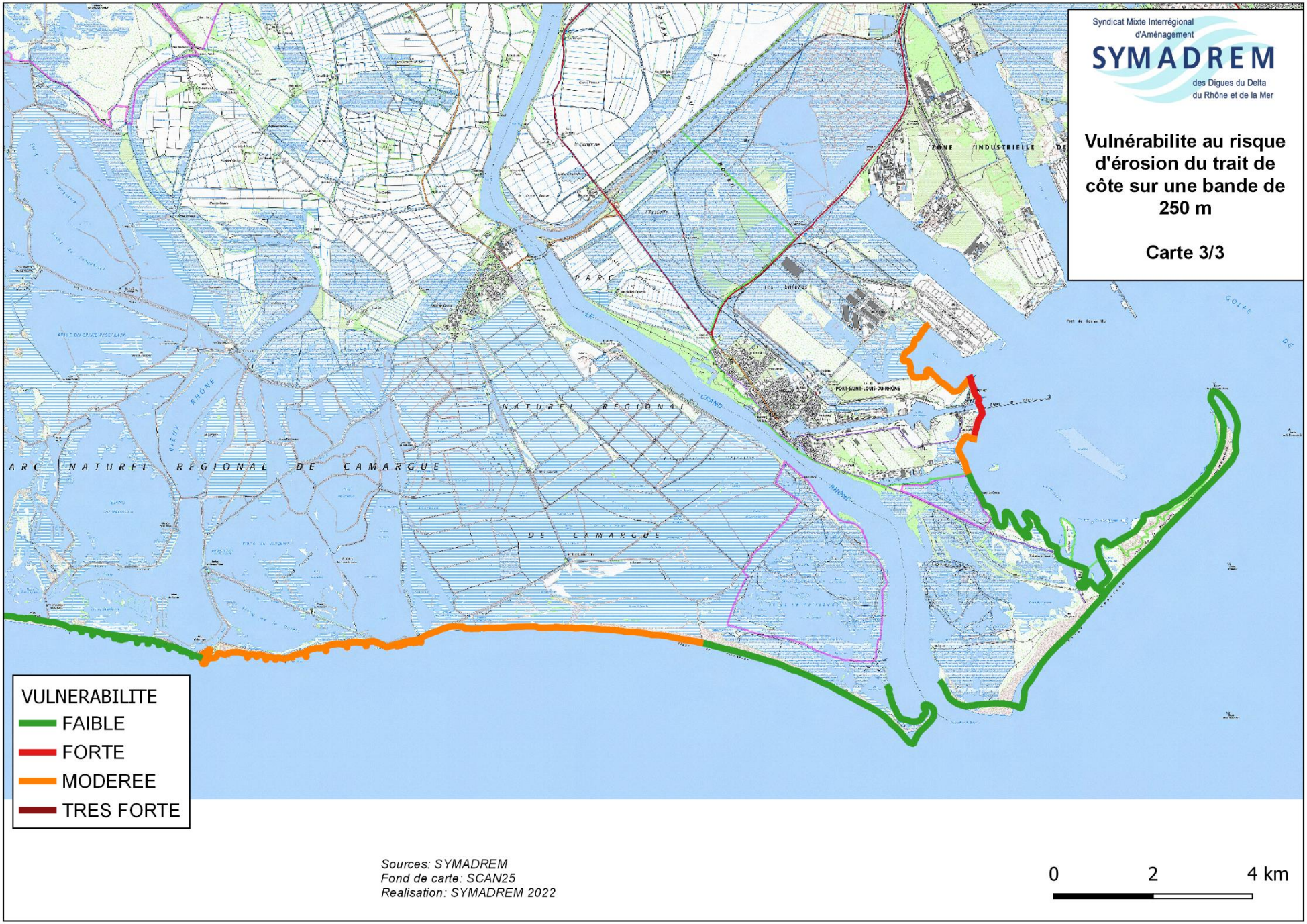
centre-ville dense des Saintes Maries, et du bilan sédimentaire fortement négatif entrainant un approfondissement des fonds au droit des ouvrages existants. Par ailleurs, sur ce tronçon le taux de recul du trait de côte est fort. Ce tronçon est également bordé par le pertuis de la Fourcade, ouvrage structurant pour le ressuyage de la Camargue insulaire sur lequel un projet de rénovation et d'agrandissement est en cours, ainsi que par la station de l'Eolienne, outil indispensable au ressuyage des eaux pluviales urbaines de la commune.

- **Tronçon 29 « Plage Napoléon – partie Est » à Port-Saint-Louis-du-Rhône**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie Naturelle. Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Diffus Priorité 2 ». En effet, ce secteur est soumis à une dynamique sédimentaire très négative et souffre fortement de l'érosion d'après les visites de terrain récentes. Une dégradation ou une rupture du They de la Plage Napoléon supprimerait une barrière naturelle contre la submersion marine de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône et de la zone ouest du Golfe de Fos.

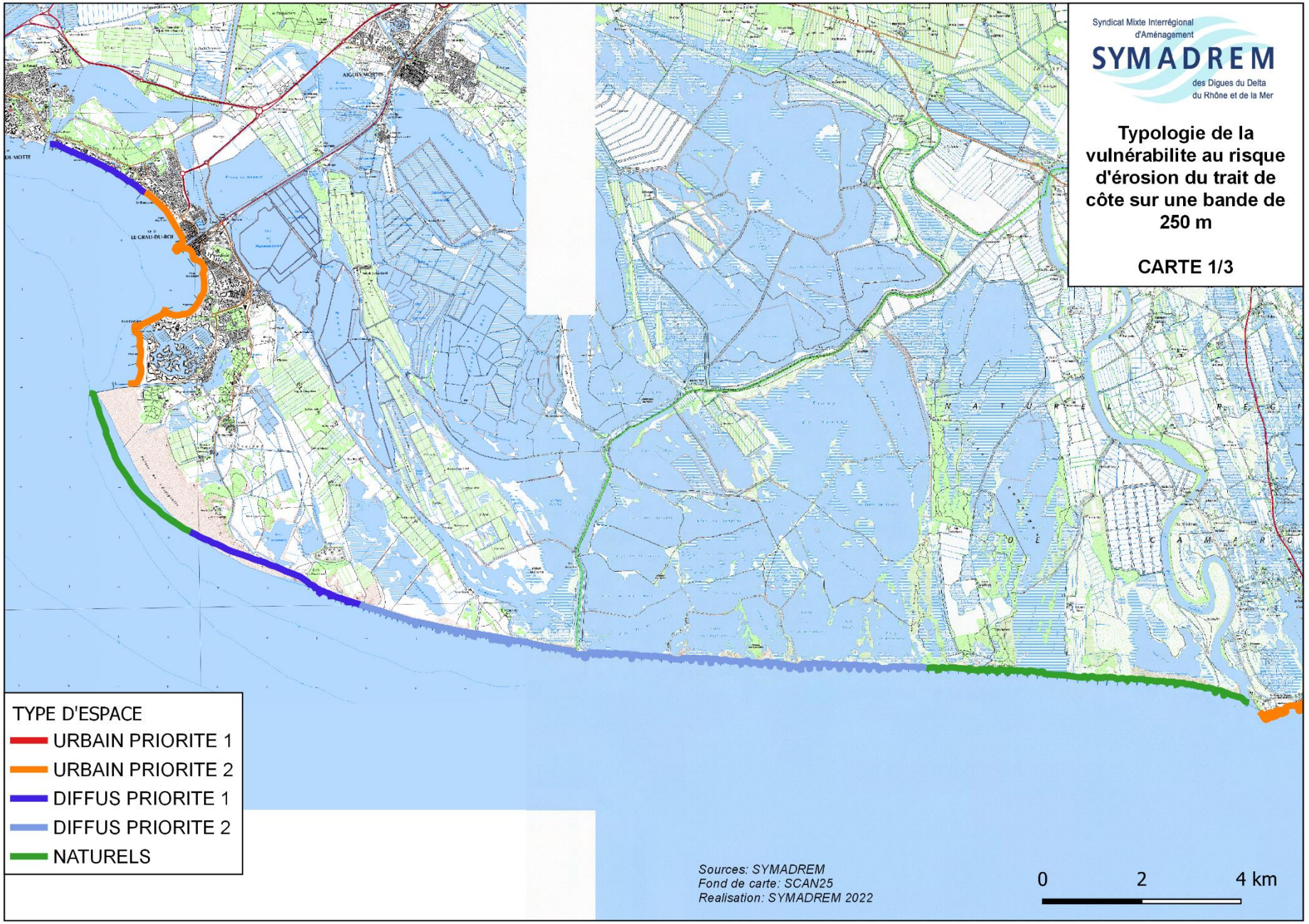
5.7.3 *Cartographies de la vulnérabilité des enjeux au risque d'érosion du trait de côte*

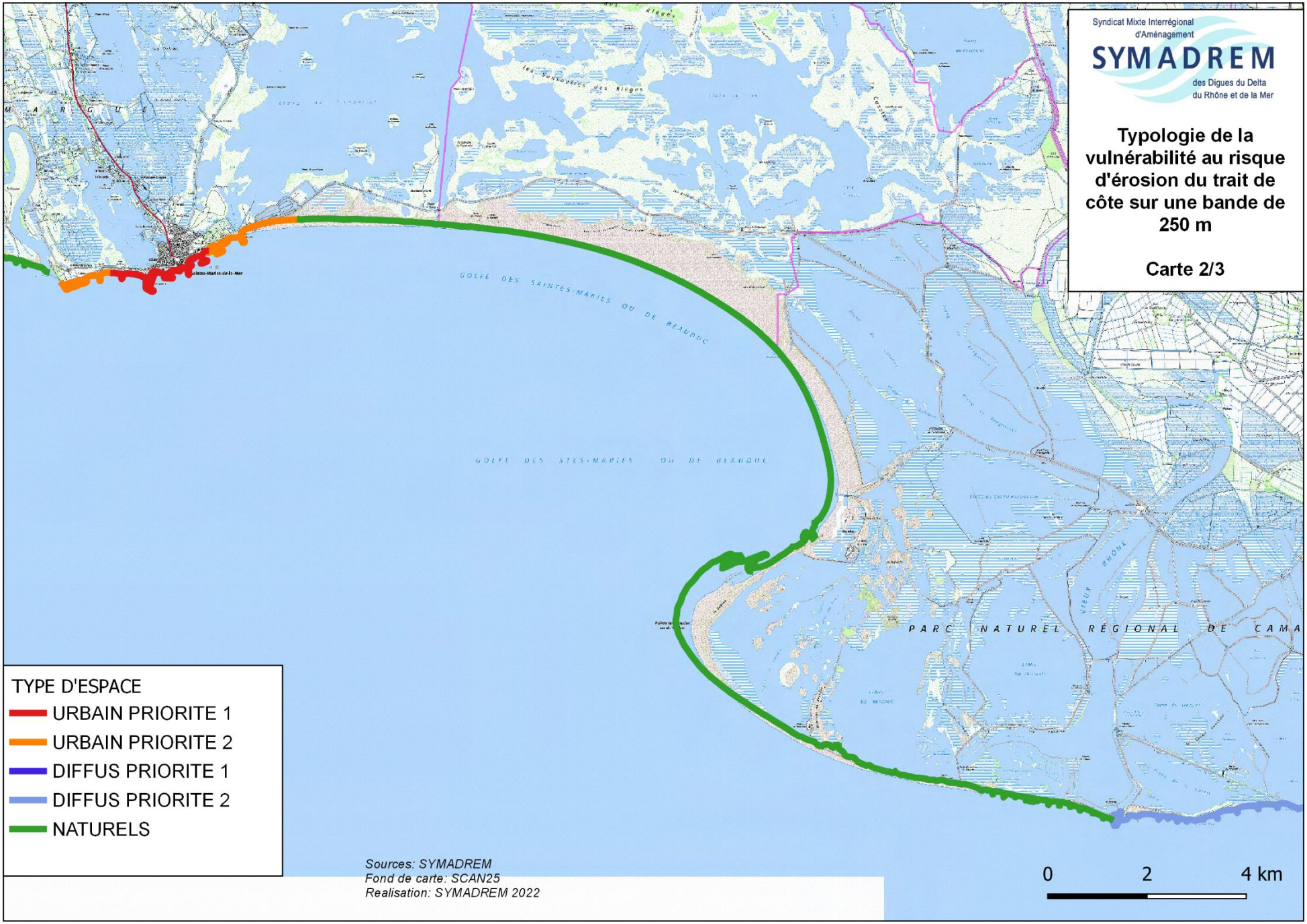


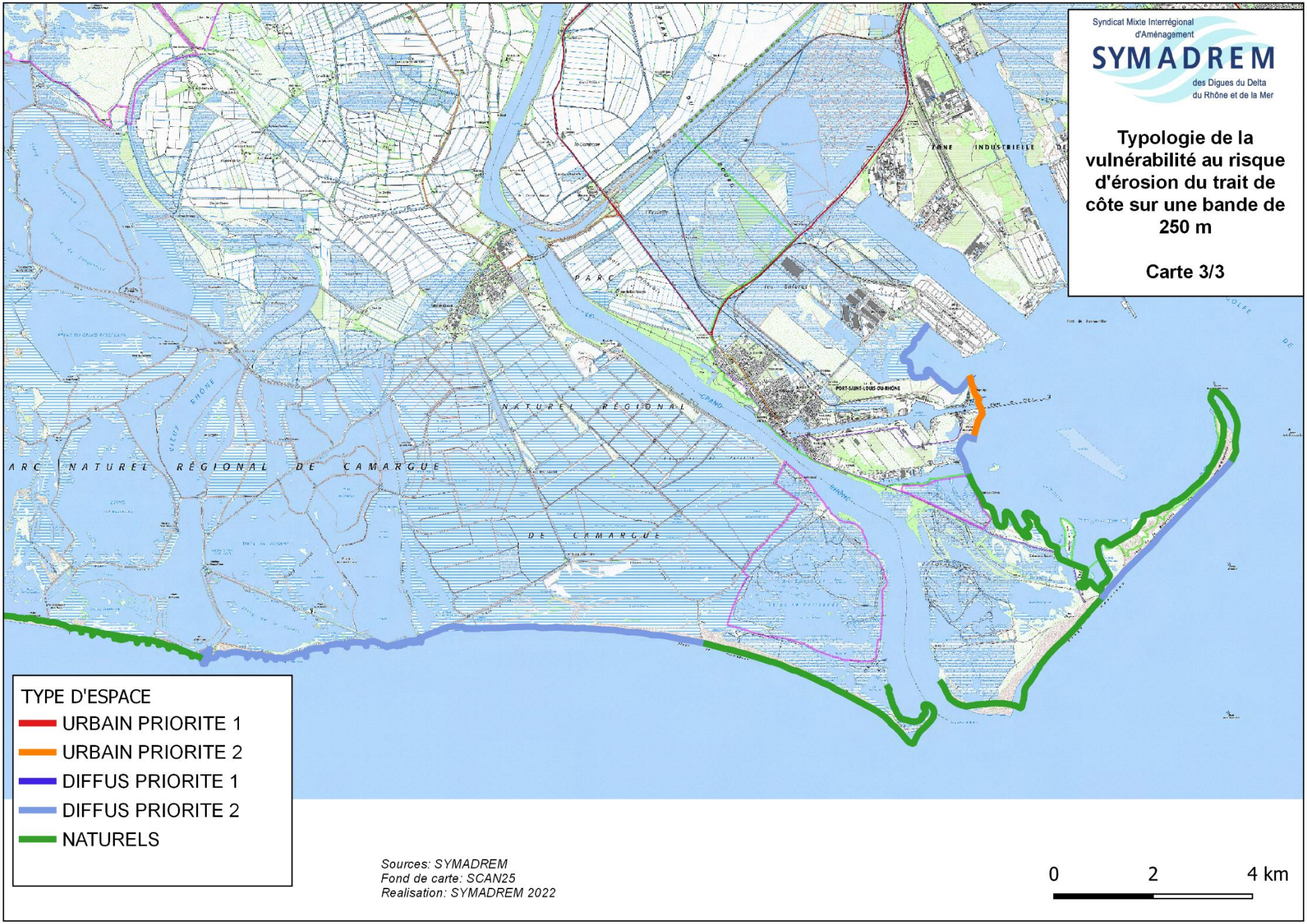

Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Vulnérabilite au risque d'érosion du trait de côte sur une bande de 250 m
Carte 2/3
GOLFE DES SAINTES-MARIES OU DE BEAUDUC
PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMA
VULNERABILITE
FAIBLE
FORTE
MODEREE
TRES FORTE
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2022
0
2
4 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Vulnérabilite au risque d'érosion du trait de côte sur une bande de 250 m
Carte 3/3
ZONE INDUSTRIELLE
PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHÔNE
PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMARGUE
VIEUX RHÔNE
GRAND RHÔNE
GOLFE DE
VULNERABILITE
FAIBLE
FORTE
MODEREE
TRES FORTE
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2022
0
2
4 km

5.7.4 Cartographies de typologie de la vulnérabilité au risque d'érosion du trait de côte




Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Typologie de la vulnérabilité au risque d'érosion du trait de côte sur une bande de 250 m
Carte 2/3
GOLFE DES SAINTES-MARIES OU DE BEAUDUC
PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMA
TYPE D'ESPACE
URBAIN PRIORITE 1
URBAIN PRIORITE 2
DIFFUS PRIORITE 1
DIFFUS PRIORITE 2
NATURELS
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2022
0
2
4 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Typologie de la vulnérabilité au risque d'érosion du trait de côte sur une bande de 250 m
Carte 3/3
PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMARGUE
PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHÔNE
TYPE D'ESPACE
URBAIN PRIORITE 1
URBAIN PRIORITE 2
DIFFUS PRIORITE 1
DIFFUS PRIORITE 2
NATURELS
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2022
0
2
4 km

5.8 CONCLUSION DU VOLET « EXPOSITION DU TERRITOIRE AUX PHENOMENES D'EROSION ET D'ACCRETION DU TRAIT DE COTE »

Le linéaire en érosion, c'est-à-dire là où le trait de côte recule, représente 76 % du linéaire total du périmètre de la stratégie littorale. Les secteurs où les reculs sont les plus rapides sont les Baronnets sur la commune du Grau-du-Roi, la Plage Est des Saintes-Maries-de-la-Mer et le secteur de la digue de Véran et de l'étang de Beauduc, à Arles.
A l'inverse 24 % des zones sont en accrétion. Les secteurs où les avancées du trait de côte sont les plus rapides sont la pointe des Sablons à Beauduc (commune d'Arles) et l'Espiguette (commune du Grau-du-Roi).

Concernant l'efficacité des enrochements entre leur pose et 2013 :

- Sur 53 % du linéaire où les enrochements sont présents, ils ont été efficaces pour fixer le rivage ; cela correspond en particulier au littoral des Saintes-Maries-de-la-Mer, à la majeure partie du littoral de Famaran (site des Salins du Midi), au Grand Radeau, et à l'embouchure du Rhône vif.
- Sur 11 % du linéaire où les enrochements sont présents, ils ont été inefficaces pour fixer le rivage ; Sont concernés la digue de Véran, les enrochements sur la digue à la mer au-delà du pertuis de la Fourcade, et les premiers épis du secteur de la Capelude (épis à l'est immédiat du secteur des Baronnets)
- Sur 36 % du linéaire où les enrochements sont présents, leurs effets pour fixer le rivage est limité, c'est-à-dire qu'ils n'ont été ni efficaces, ni inefficaces. Sont concernés une partie du site des Salins du Midi d'Aigues Mortes, ainsi qu'une partie des épis Gardois de la Capelude.

Les profils bathymétriques au droit des zones enrochées ont évolué depuis les années 90. Cela se traduit notamment par la modification des largeurs de plage, dont les largeurs ont tendance à diminuer. Ce comportement traduit le phénomène d'érosion sous-marine et de pertes sédimentaires dans ces secteurs. Les reculs de plage observés dans les zones enrochées entre 1987 et 2013 sont de l'ordre de 30 à 70 m.

En aval-dérive des batteries d'épis ainsi qu'aux extrémités des ouvrages frontaux en enrochements, on observe une aggravation de l'érosion due aux enrochements. Le linéaire concerné est de 10,5 km, correspondant aux secteurs des Baronnets, la Plage Est des Saintes-Maries-de-la-Mer ainsi que le secteur du phare de Beauduc.

Le bilan sédimentaire général du Grand Delta du Rhône décroit depuis 1872 et devient négatif à partir des années 80s. Le déficit le plus important concerne la période la plus récente, entre 2006 et 2013. Cela est dû à une diminution lente et continue des gains sédimentaires aux embouchures (liées à la réduction du nombre de crues depuis la fin du Petit Age Glaciaire, à la revégétalisation du bassin versant et à la construction de barrages) ainsi qu'au niveau des flèches (Espiguette, Beauduc, Gracieuse), du fait des pertes sédimentaires vers le large. Par ailleurs les pertes sédimentaires dans les secteurs en érosion sous-marine augmentent et s'accélère, en particulier devant les Saintes-Maries-de-la-Mer, sur le littoral de Faraman et la Plage Napoléon. Les valeurs des pertes sédimentaires passent de 2,8 à 8,5 millions de m^3/an environ en 150 ans.

6 OUVRAGES DU LITTORAL

6.1 OCCUPATION DE LA FRANGE LITTORALE

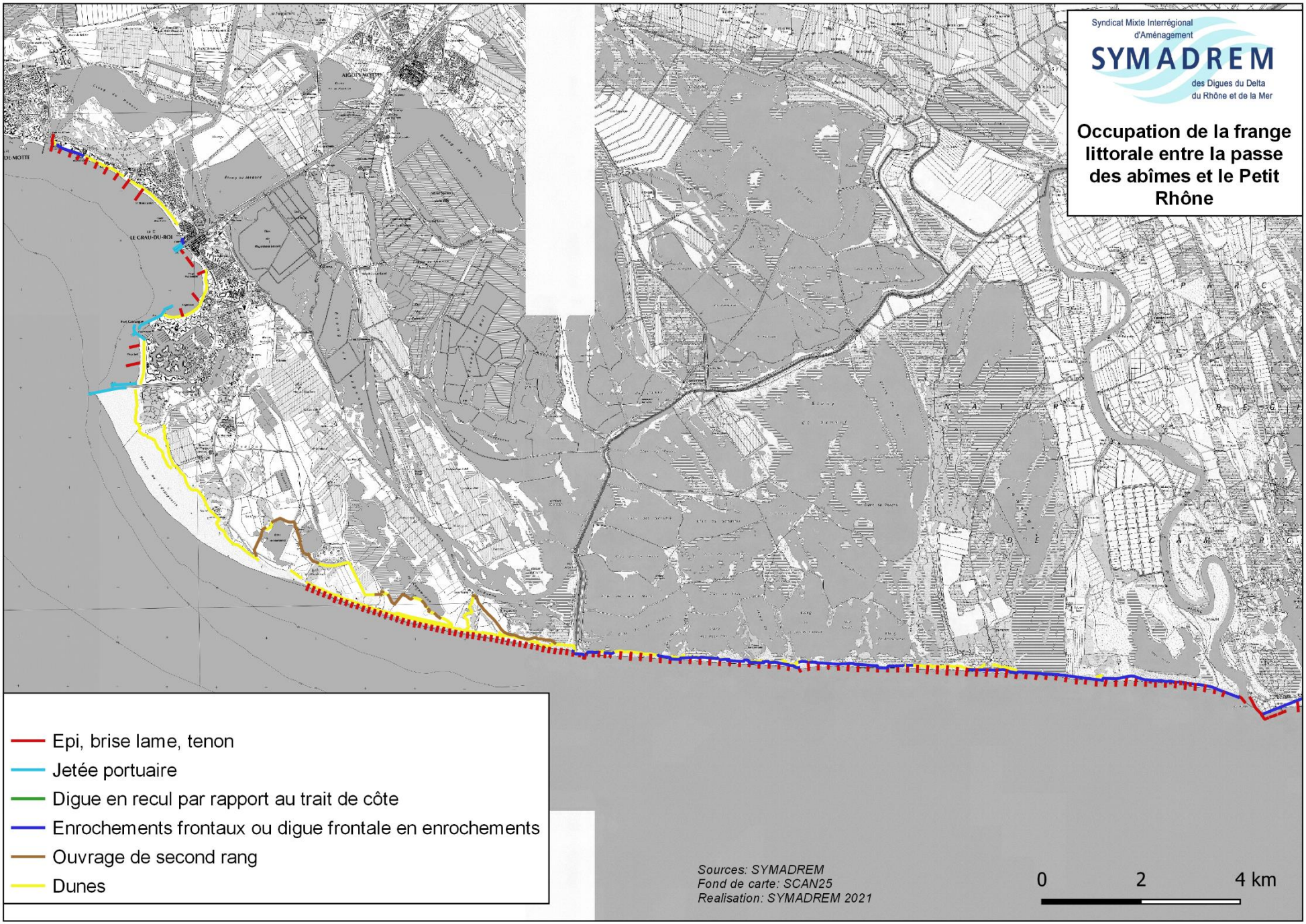
Une cartographie de l'occupation de la frange littorale a été réalisée et est présentée page suivante. Ont été recensés :

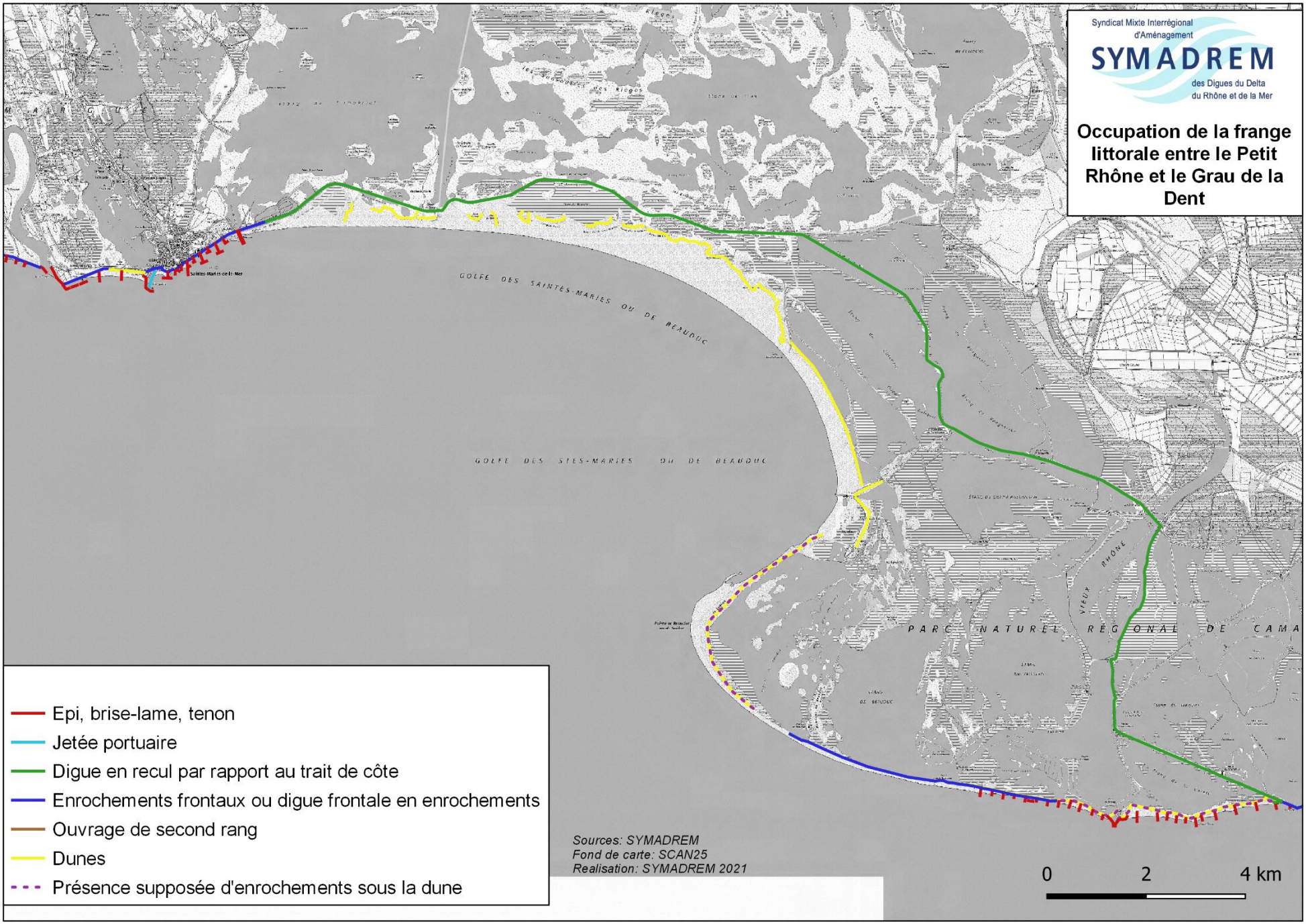
- Les épis, brise-lames et tenons ;
- Les jetées portuaires ;
- Les digues en recul par rapport au trait de côte ;
- Les enrochements frontaux ou digues frontales en enrochements ;
- Les ouvrages de second rang ;
- Les dunes.

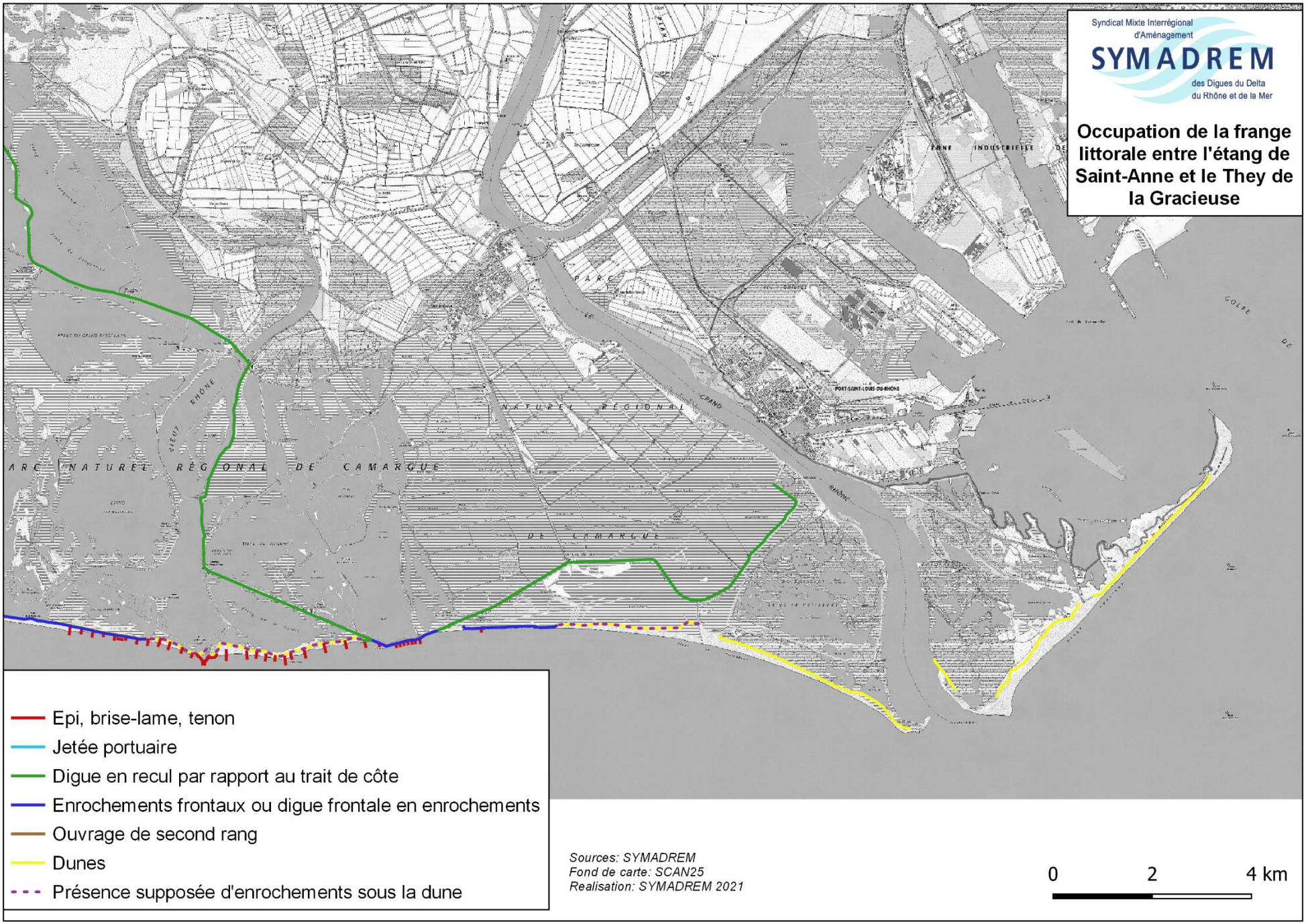
Notons que les ouvrages recensés sont ceux répertoriés comme ouvrages de protection. Ainsi, les nombreux merlons, levées de terres …etc…existants sur le territoire, parfois appelés « digues » par abus de langage ne sont pas représentés sur les cartes, et ne seront pas abordés dans le cadre de la stratégie.

L'analyse de ces cartes fournit les informations suivantes :

- Des ouvrages sont présents sur le rivage sur environ 50 % du linéaire (soit environ sur 50 km) ;
- Des dunes sont présentes sur environ 60 % du linéaire. Leurs états et leurs hauteurs sont très hétérogènes ;
- Le seul ouvrage de second rang est le cordon du Grau-du-Roi, qui relie le secteur des Baronnets à celui de la Capelude et qui assure à la fois une fonction de protection contre la submersion et dans une moindre mesure contre l'érosion du trait de côte.


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Occupation de la frange littorale entre la passe des abîmes et le Petit Rhône
LE GRAU-DU-ROI
Epi, brise lame, tenon
Jetée portuaire
Digue en recul par rapport au trait de côte
Enrochements frontaux ou digue frontale en enrochements
Ouvrage de second rang
Dunes
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2021
0
2
4 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Occupation de la frange littorale entre le Petit Rhône et le Grau de la Dent
GOLFE DES SAINTES-MARIES OU DE BEAUDUC
PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMA
Epi, brise-lame, tenon
Jetée portuaire
Digue en recul par rapport au trait de côte
Enrochements frontaux ou digue frontale en enrochements
Ouvrage de second rang
Dunes
Présence supposée d'enrochements sous la dune
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2021
0
2
4 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Occupation de la frange littorale entre l'étang de Saint-Anne et le They de la Gracieuse
PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMARGUE
PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHÔNE
Epi, brise-lame, tenon
Jetée portuaire
Digue en recul par rapport au trait de côte
Enrochements frontaux ou digue frontale en enrochements
Ouvrage de second rang
Dunes
Présence supposée d'enrochements sous la dune
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2021
0
2
4 km

6.2 ETAT DES OUVRAGES DE PROTECTION

La cartographie, représentant l'état des ouvrages, est basée sur un examen visuel. On distingue trois catégories :

- Mauvais état : l'ouvrage est partiellement ou totalement détruit ;

- Etat moyen : l'ouvrage présente des désordres moyens à importants mais sa structure générale est toujours en place (exemple : musoir d'un épi dégradé, épi déraciné) ;

- Bon état : pas de désordres apparents, ou désordres mineurs pouvant être facilement résorbés par des travaux de gros entretien (exemple : quelques blocs déplacés).

Il est important de noter que l'état des ouvrages est défini selon une analyse visuelle, il n'est pas issu de calculs de stabilité ou d'analyse approfondie. Il renseigne sur l'état général à un instant t et est susceptible d'évolution en fonction des tempêtes et des travaux d'entretien menés. Ce travail fournit une vue générale de l'état des ouvrages et permet la comparaison des ouvrages les uns par rapport aux autres.

Un diagnostic poussé (avec calculs de stabilité) a été réalisé par le Symadrem en 2018 sur les épis et brises lames des Saintes Maries de la Mer. Dans un souci de cohérence globale, l'analyse de l'état de ces ouvrages, présentée ci-après ne tient pas compte des résultats du diagnostic, mais se base uniquement sur une analyse visuelle.

Les visites de terrain ont été effectuées entre les mois de septembre 2020 et octobre 2021.

L'analyse de ces cartes fournit les informations suivantes :

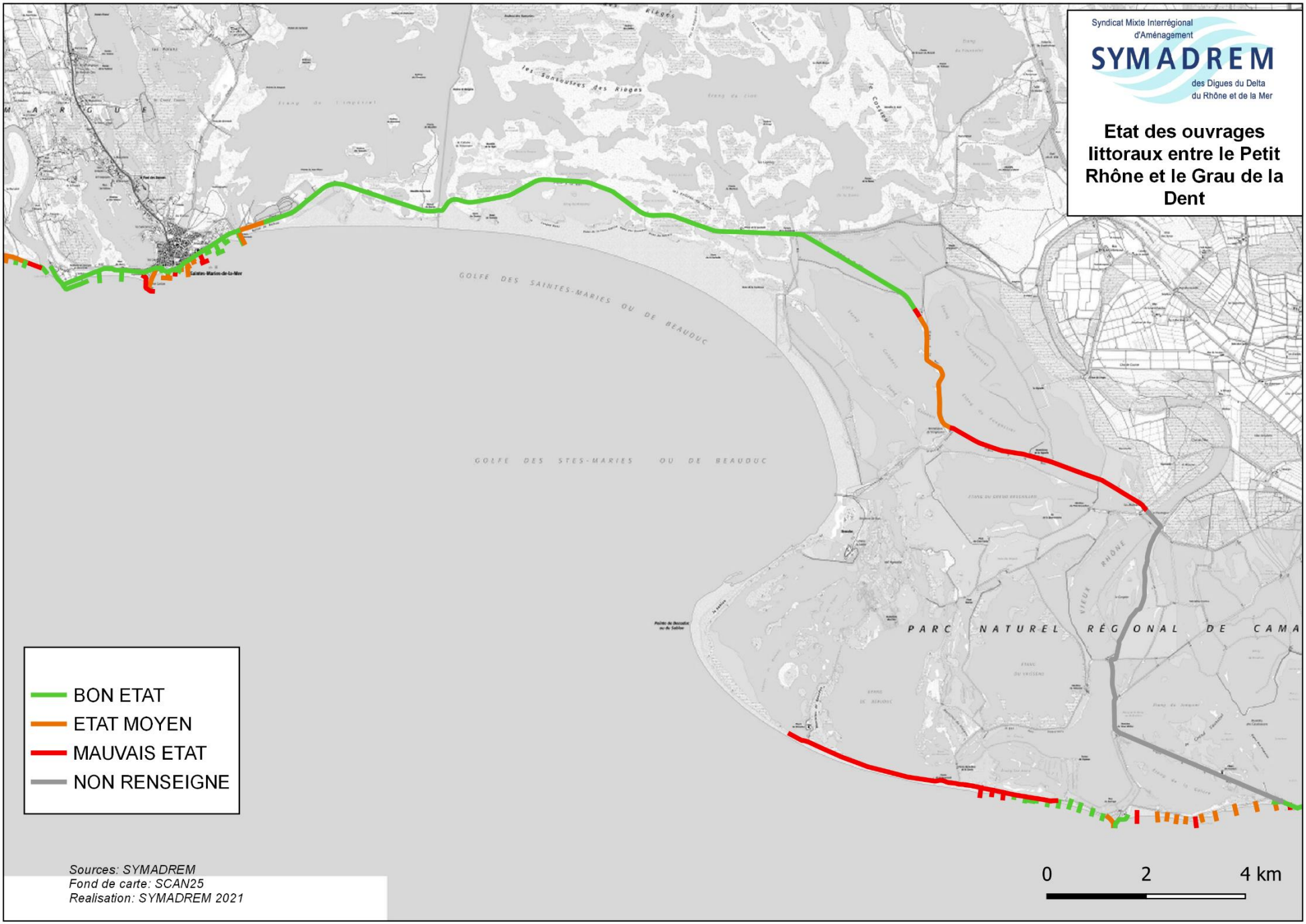
- La plupart des épis sont en état moyen ou mauvais état. Il s'agit principalement de la batterie d'épis en rive droit du Petit Rhône qui s'étend jusqu'au secteur des Baronnets ;

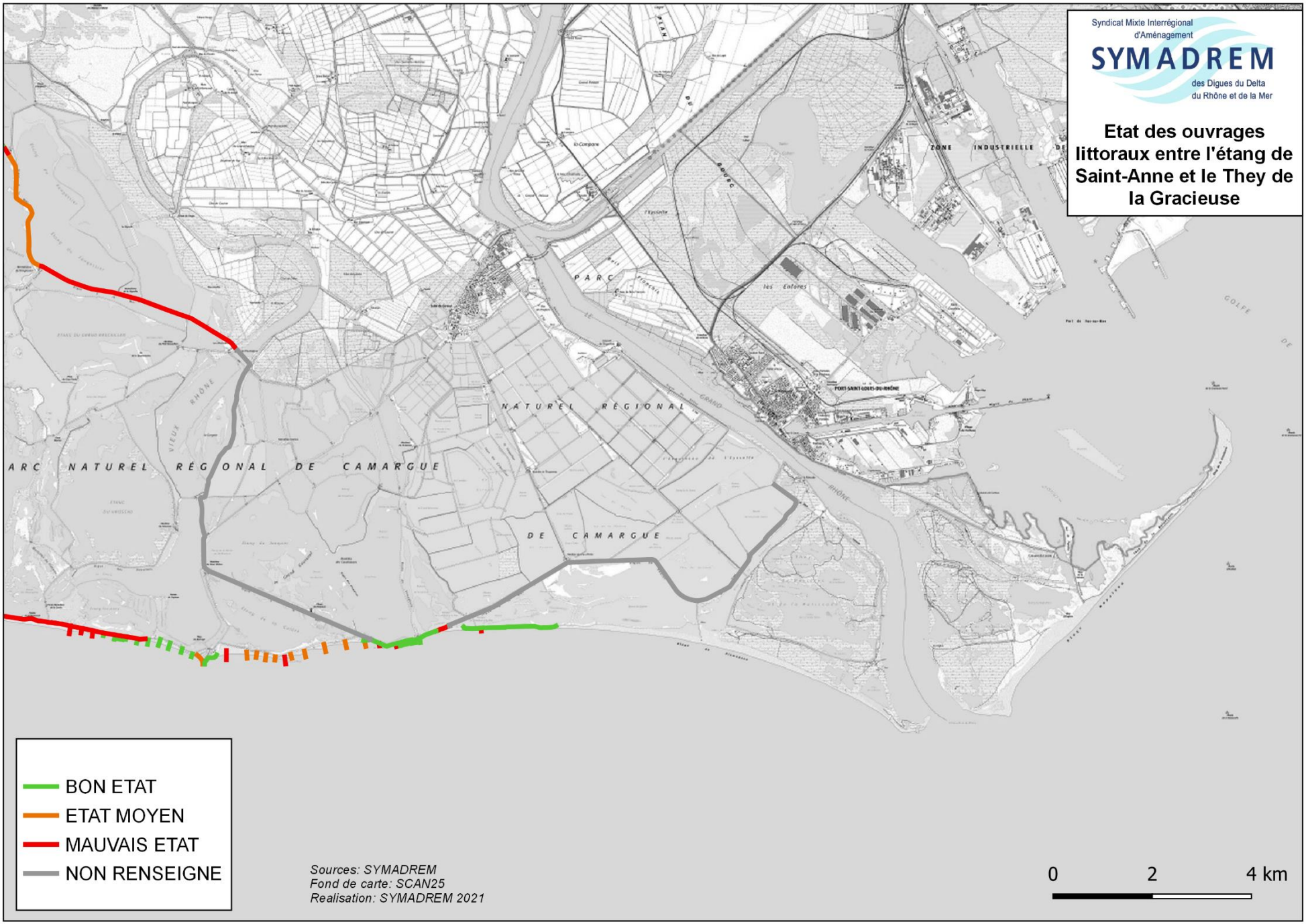
- Les digues frontales (c'est-à-dire faisant directement face à la mer) sont en bon état lorsqu'elles sont en gestion Symadrem ou Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est (cela représente 13 km, soit environ 50 % des digues frontales du littoral), les autres sont en état moyen ou mauvais état, voire détruites (secteur du Grand Radeau, Digue de Véran) ;

- Devant les centres villes équipés d'ouvrages (le Grau-du-Roi et les Saintes-Maries-de-la-Mer), l'état des ouvrages est assez hétérogène : de bon état à mauvais état ;

- Digue à la mer est en bon état, hormis sur sa partie est, entre le Clos d'Esclaux et le Vieux Rhône où l'état est moyen à mauvais.

Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Etat des ouvrages littoraux entre la passe des abîmes et le Petit Rhône
BON ETAT
ETAT MOYEN
MAUVAIS ETAT
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2021
0
2
4 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Etat des ouvrages littoraux entre le Petit Rhône et le Grau de la Dent
GOLFE DES SAINTES-MARIES OU DE BEAUDUC
PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMA
BON ETAT
ETAT MOYEN
MAUVAIS ETAT
NON RENSEIGNE
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2021
0
2
4 km


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Etat des ouvrages littoraux entre l'étang de Saint-Anne et le They de la Gracieuse
BON ETAT
ETAT MOYEN
MAUVAIS ETAT
NON RENSEIGNE
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN25
Realisation: SYMADREM 2021
0
2
4 km

6.3 GESTIONNAIRES DES OUVRAGES LITTORAUX

Les différents gestionnaires des ouvrages littoraux sont répertoriés sur la carte présentée page suivante.

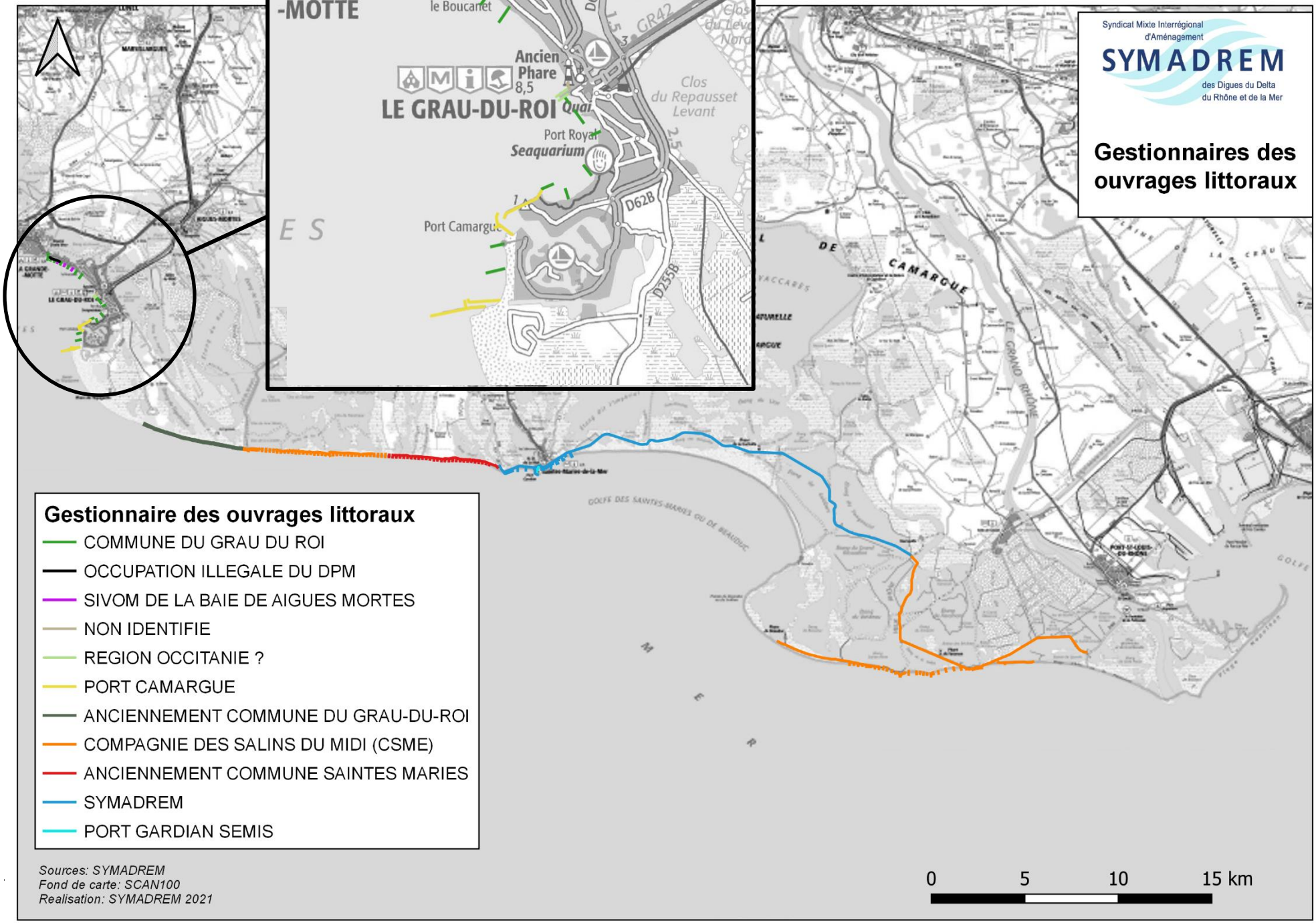
On note le nombre important de gestionnaires, parfois sur une seule et même cellule hydrosédimentaire. C'est le cas par exemple sur la cellule hydrosédimentaire qui s'étend de l'Espiguette à l'embouchure du Petit Rhône, où trois gestionnaires sont identifiés, sur deux départements et deux régions différentes. Ce morcelage administratif ne permet pas une approche globale de gestion des ouvrages à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire.

Plusieurs secteurs sont sous un statut administratif particulier :

- Les épis de la Capelude (commune du Grau-du-Roi) dont la concession à la commune est arrivée à échéance et n'a pas été renouvelée. Le devenir de ces épis dépendra notamment des conclusions de la stratégie littorale ;

- Les épis et les digues frontales du Grand Radeau (commune des Saintes-Maries-de-la-Mer) dont la situation est similaire à ceux de la Capelude ;

- La digue de Véran, toujours dans la Concession de la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est, mais dont l'entretien n'est plus assuré.


Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement
SYMADREM
des Digues du Delta du Rhône et de la Mer
Gestionnaires des ouvrages littoraux
A GRANDE-
-MOTTE
le Boucanet
LE GRAU-DU-ROI
Ancien Phare
Quai
Port Royal
Seaquarium
Port Camargue
Étang du Médard
Clos du Repausset Levant
D255
D62C
D62A
D62B
D979
D255B
GR42
DE CAMARGUE
LE GRAND RHÔNE
GOLFE DES SAINTES-MARIES OU DE BEAUDUC
Gestionnaire des ouvrages littoraux
COMMUNE DU GRAU DU ROI
OCCUPATION ILLEGALE DU DPM
SIVOM DE LA BAIE DE AIGUES MORTES
NON IDENTIFIE
REGION OCCITANIE ?
PORT CAMARGUE
ANCIENNEMENT COMMUNE DU GRAU-DU-ROI
COMPAGNIE DES SALINS DU MIDI (CSME)
ANCIENNEMENT COMMUNE SAINTES MARIES
SYMADREM
PORT GARDIAN SEMIS
Sources: SYMADREM
Fond de carte: SCAN100
Realisation: SYMADREM 2021
0
5
10
15 km

6.4 ALTIMETRIE DE LA LIGNE DE PROTECTION

6.4.1 Principe de l'analyse

La ligne de protection est le niveau altimétrique de l'élément qui fait « rempart » contre la submersion marine. Il peut s'agir du niveau altimétrique de la crête d'un ouvrage lorsqu'il y en a un, ou du niveau altimétrique du sommet d'une dune ou d'une plage.

C'est une ligne mobile puisque les éléments qui la définissent (dunes, enrochements) bougent avec le temps.

L'objectif de l'analyse présentée ci-après est d'identifier les points bas par grand linéaire (au moins 150 m), de façon à avoir une vision globale de l'altimétrie de la ligne de protection.

Elle a été établie à partir des données topographiques de la BDT Rhône, datant de 2007, à l'exception des cas particuliers suivants :

- Sur le secteur de la plage du Boucanet (commune du Grau du Roi), la BDT Rhône n'étant pas disponible, c'est la Litto3D qui a été utilisée comme source topographique.
- Sur la digue à la mer en gestion Symadrem (entre le Petit Rhône et le Vieux Rhône) c'est un relevé topographique terrestre réalisé par le Symadrem en 2018, qui a été utilisé, car la précision de ce relevé est supérieure à celle de la BDT Rhône.

Notons que nous ne disposons pas de données topographiques plus précises que la BDT Rhône au niveau de la digue à la mer, pour sa partie en gestion par la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est.

6.4.2 Profil en long global de la ligne de protection

Le profil en long global de la ligne de protection, et sa localisation, sont présentés sur la figure ci-dessous :

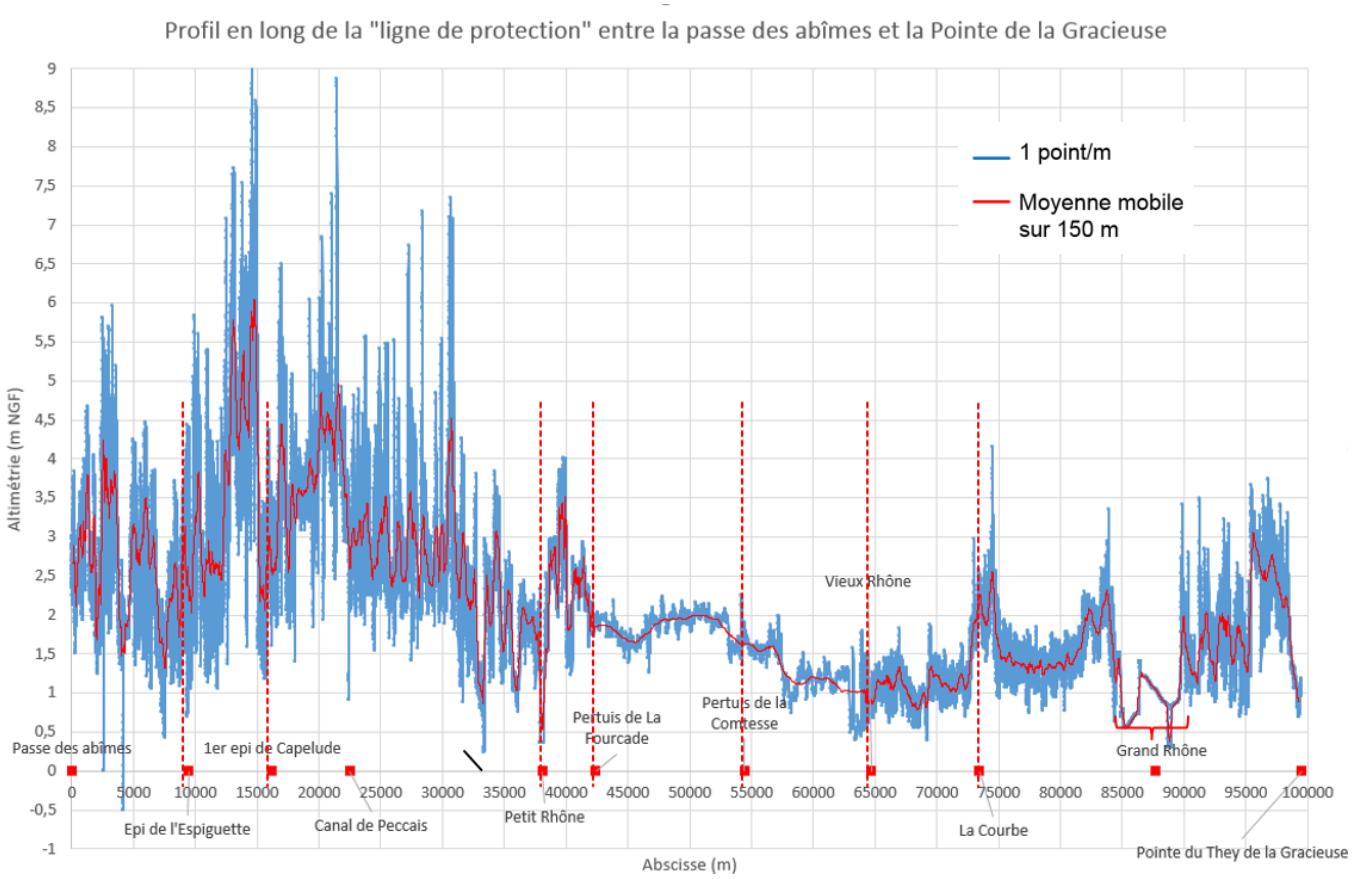


Figure 72 : profil en long de la ligne de protection sur le périmètre de la stratégie « littoral », d'ouest en est

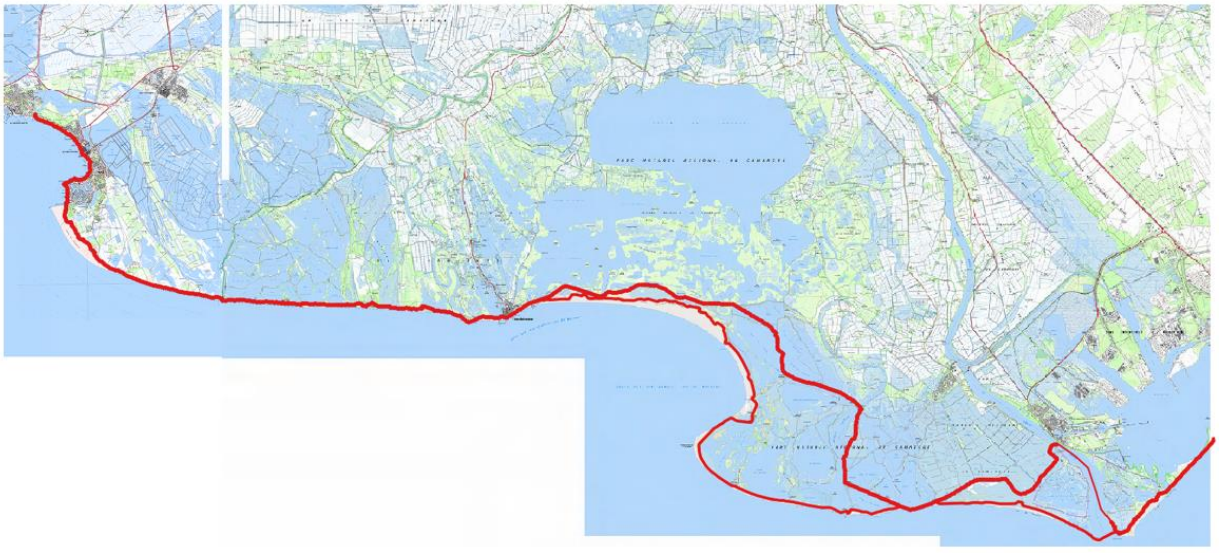


Figure 73 : localisation de la ligne de protection

Dans le cas particulier de la Camargue insulaire deux tracés sont représentés pour la ligne de protection, un correspondant au front de mer et un correspondant à la digue à la mer. Sur la Figure 72, c'est l'altimétrie de la digue à la mer qui est représentée.

On remarque une altimétrie moyenne plus élevée (autour de 2,5 m NGF) sur le tiers ouest, correspondant à la commune du Grau-du-Roi et au droit du site des Salins du Midi d'Aigues Mortes (dont une partie des parcelles sont situées dans les Bouches du Rhône, à la frontière avec le Gard). Cette altimétrie plus élevée est due à la présence de dunes, globalement hautes et en bon état.

Sur le reste du périmètre, l'altimétrie moyenne oscille plutôt entre 1 et 2 m NGF, avec un « point » bas sur environ 15 km, qui démarre sur la digue à la mer à proximité du pertuis de la Comtesse et qui s'étend jusqu'au lieudit la Courbe situé en front de Mer sur le site des Salins du Midi de Salin-de-Giraud, avec une altitude de l'ordre de 1/1,2 m NGF.

Le plan de localisation points bas est présenté sur la Figure 81.

6.4.3 Profil en long de la ligne de protection par secteur géographique

Le profil en long de la ligne de protection est présenté par secteur géographique sur les figures ci-dessous. Les points bas sont entourés en vert.

- Entre la Passe des Abîmes et le canal de Peccais :

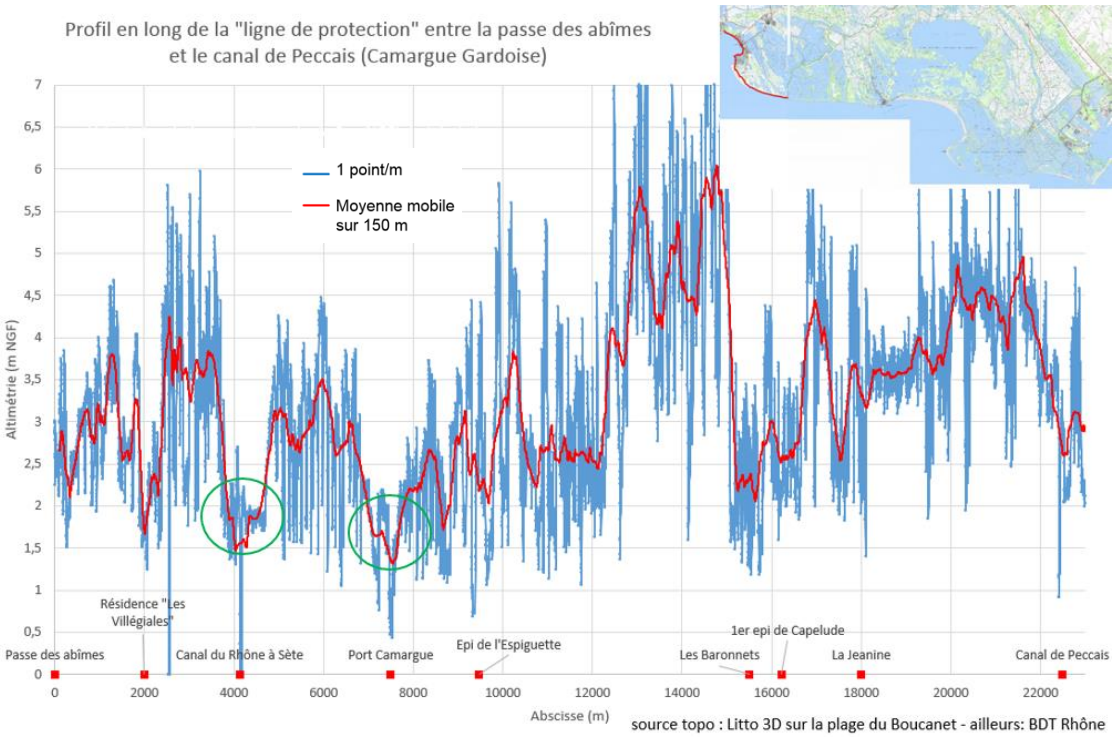


Figure 74 : profil en long de la ligne de protection entre la passe des abîmes et le canal de Peccais

On remarque, sur ce premier secteur, une altimétrie relativement haute (plus de 2 mNGF) du fait de la présence de dunes. Toutefois des ouvertures sont présentes dans ces dunes, à proximité du centre-ville du Grau du Roi, pour permettre l'accès aux plages.

On relève le Point bas au niveau de l'embouchure du canal du Rhône à Sète (centre-ville) à 1,5 m NGF ainsi qu'un point bas dans le secteur des Baronnets (à plus de 2 m NGF) dans ce secteur également soumis à l'érosion du trait de côte.

- Entre le canal de Peccais et le Petit Rhône :

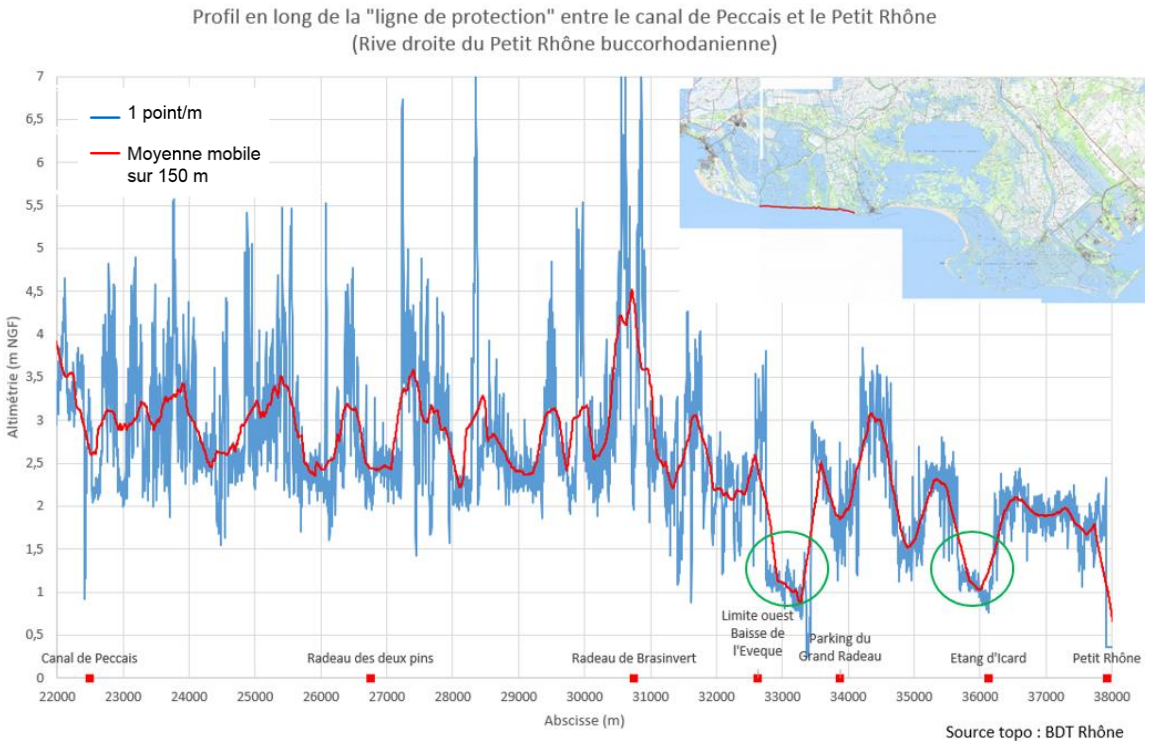


Figure 75 : Profil en long de la ligne de protection entre le canal de Peccais et le Petit Rhône

Dans le secteur des Salins-du-Midi, correspondant au linéaire entre le canal de Peccais et le Radeau de Brasinvert, on note une altimétrie relativement haute (entre 2,5 et 3,5 m NGF) du fait de la présence quasi continue de digues frontales enrochées.

Deux points bas sont situés plus à l'Est au niveau de la Baisse de l'Evêque et de l'étang d'Icard à 1 m NGF.

- Entre le Petit Rhône et le Vieux Rhône :

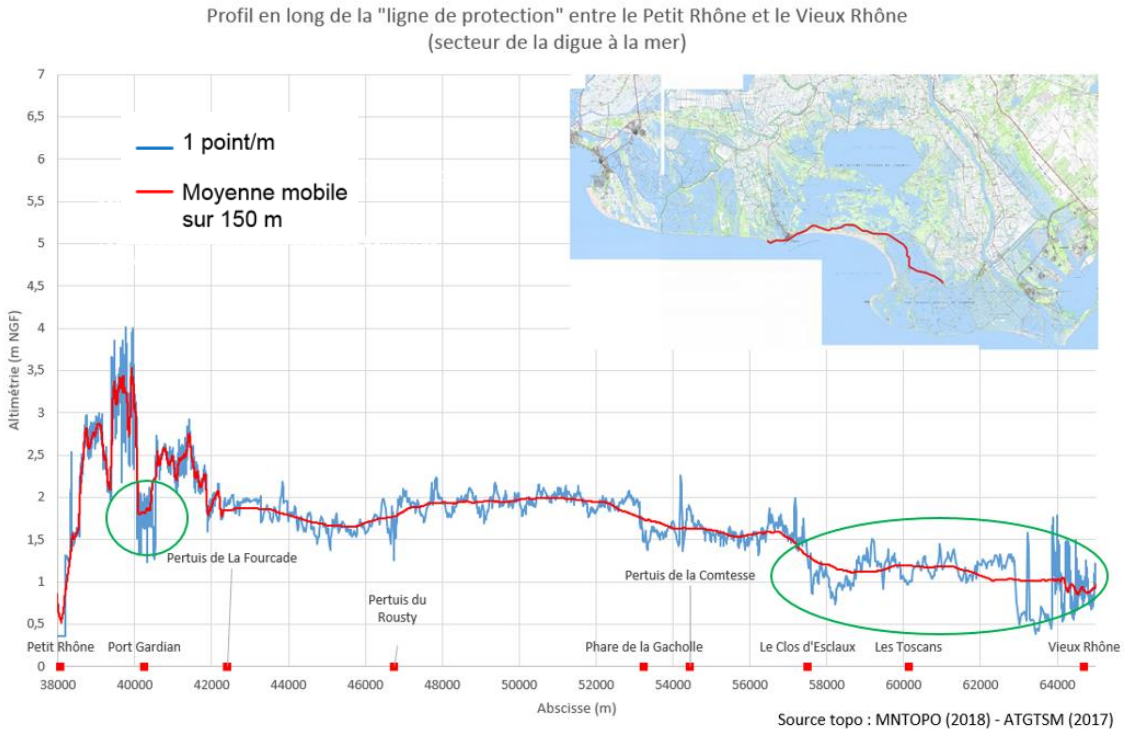


Figure 76 : profil en long de la ligne de protection entre le Petit Rhône et le Vieux Rhône (secteur de la digue à la mer)

La promenade de Port Gardian, située aux abords immédiats du centre-ville des Saintes-Maries-de-la-Mer, présente une altitude moyenne autour de 1,6 m NGF environ.

A partir du Clos d'Esclaux jusqu'au Vieux Rhône, l'altitude est très basse : 1,2 m NGF avec des passages à 0,5 m NGF, ce qui correspond aux altitudes les plus basses de la ligne de protection sur l'ensemble du périmètre de la stratégie.

- Entre la Plage Est et le Grau de la Dent – front de mer :

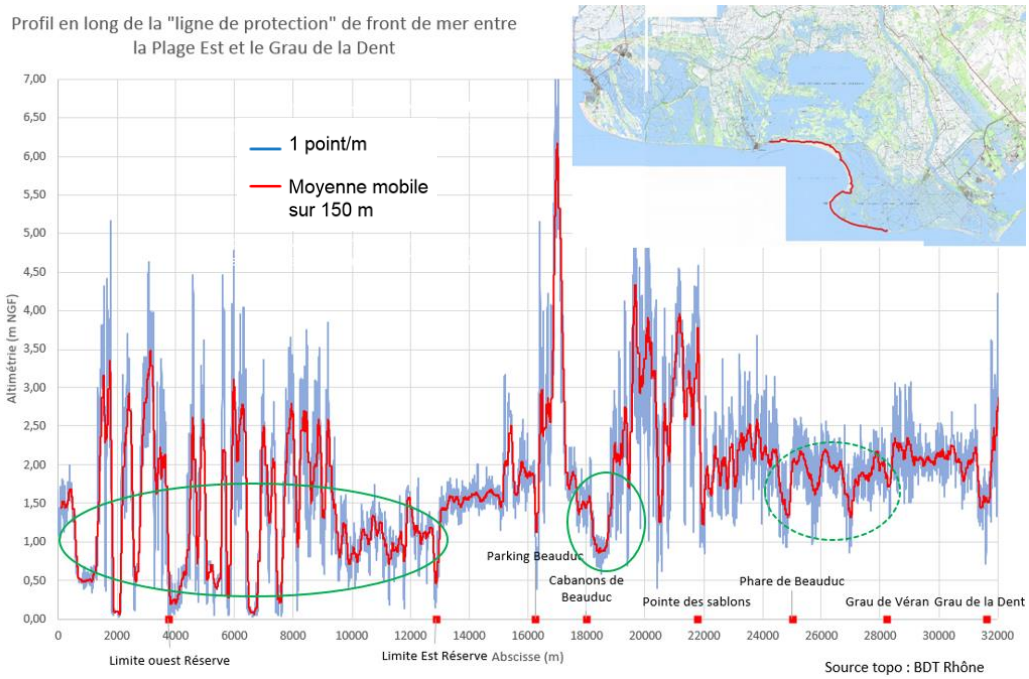


Figure 77 : profil en long de la ligne de protection de front de mer entre la Plage Est et le Grau de la Dent

En front de mer, la plage Est et la plage de la Réserve ont une altimétrie basse (qui descend en dessous de 0,5 m NGF). Les points hauts correspondent à la présence de dunes, mais leur discontinuité ne permet pas d'assurer une protection contre la submersion. Des points bas sont également présents à proximité des cabanons de Beauduc.

Le secteur de la digue de Véran (entouré en vert en pointillé) est à interpréter avec précaution car il a subi de fortes évolutions depuis la date des relevés topographiques (2007).

Notons que sur ce secteur, la protection contre la submersion marine est assurée par la ligne de « second rang » correspondant à la digue à la mer, et présentée à la Figure 76.

- Entre le Vieux Rhône et le Grand Rhône :

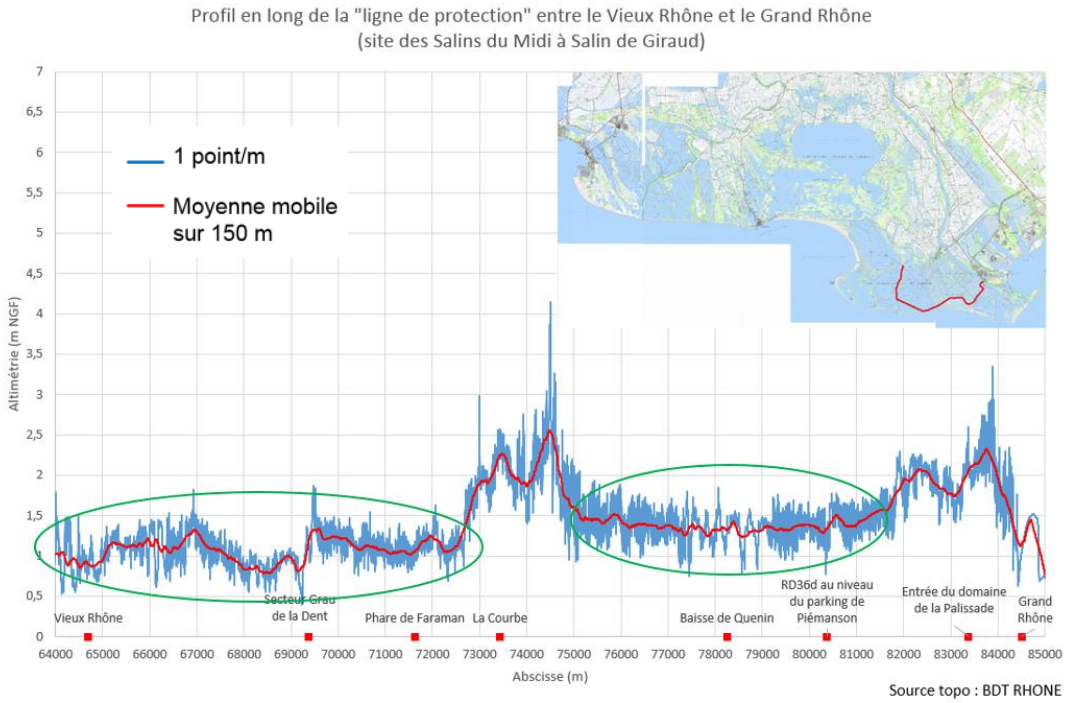


Figure 78 : profil en long de la ligne de protection entre le Vieux Rhône et le Grand Rhône

Le calage altimétrique de la digue à la mer sur la propriété de la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est est de l'ordre de 1 à 1,5 m NGF d'après la BDT Rhône. Des données topographiques plus précises seraient nécessaires pour confirmer ces valeurs.

- Entre le Grau de la Dent et le Grand Rhône – front de mer :

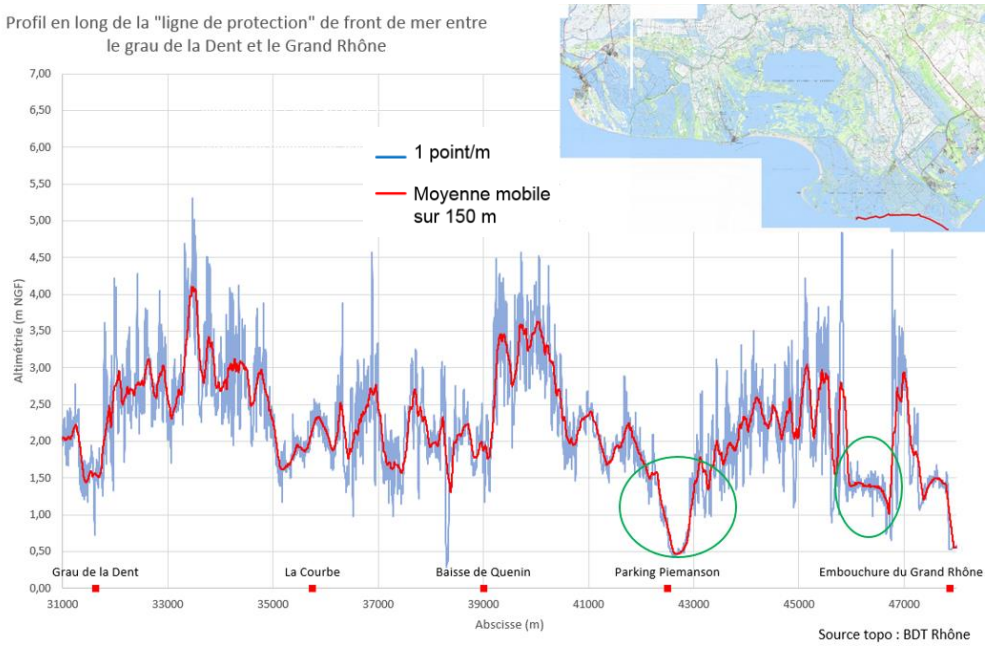


Figure 79 : profil en long de la ligne de protection en front de mer, entre le grau de la Dent et le Grand Rhône

On relève un point bas au niveau du parking de la plage de Piémanson (du fait de l'absence de dunes sur ce secteur) et à proximité de l'embouchure du Grand Rhône.

- Entre le Grand Rhône et le They de la Gracieuse :

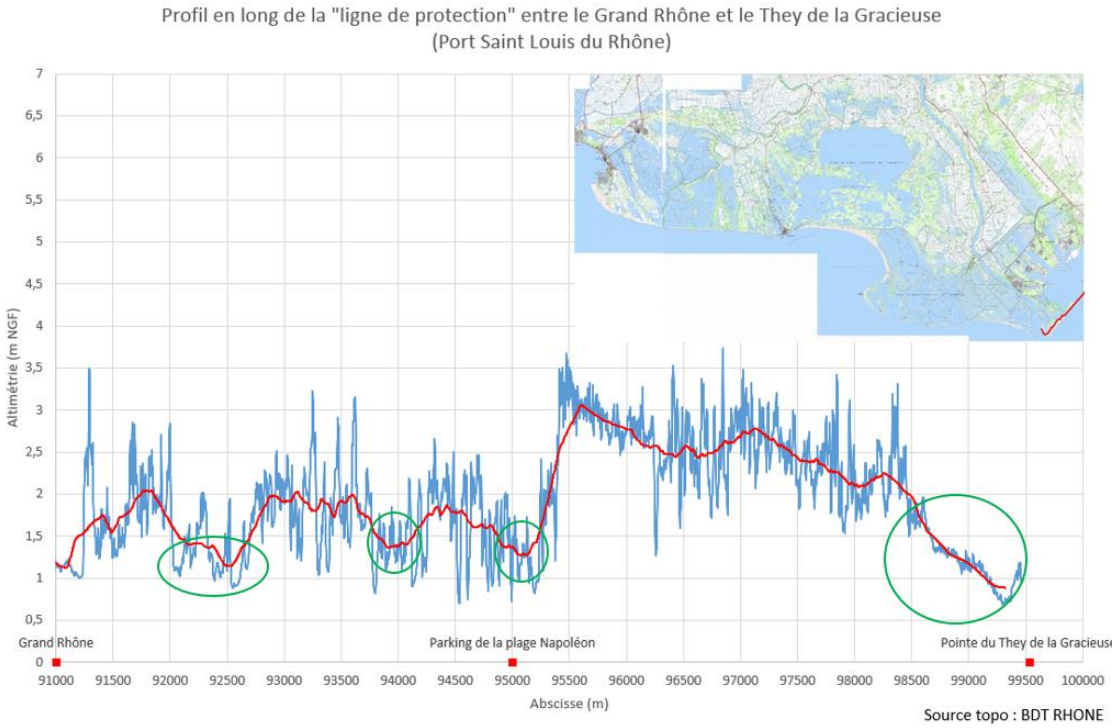


Figure 80 : profil en long de la ligne de protection entre le Grand Rhône et le They de la Gracieuse

Plusieurs points bas, correspondant à des discontinuités dans les dunes, sont relevés, avec un calage entre 1 et 1,5 m NGF. Au niveau de la flèche de la Gracieuse, les altitudes sont également basses.

6.4.4 *Vue en plan des points bas le long de la ligne de protection*

Les points bas présentés dans le paragraphe précédent sont localisés en noir sur la figure suivante :

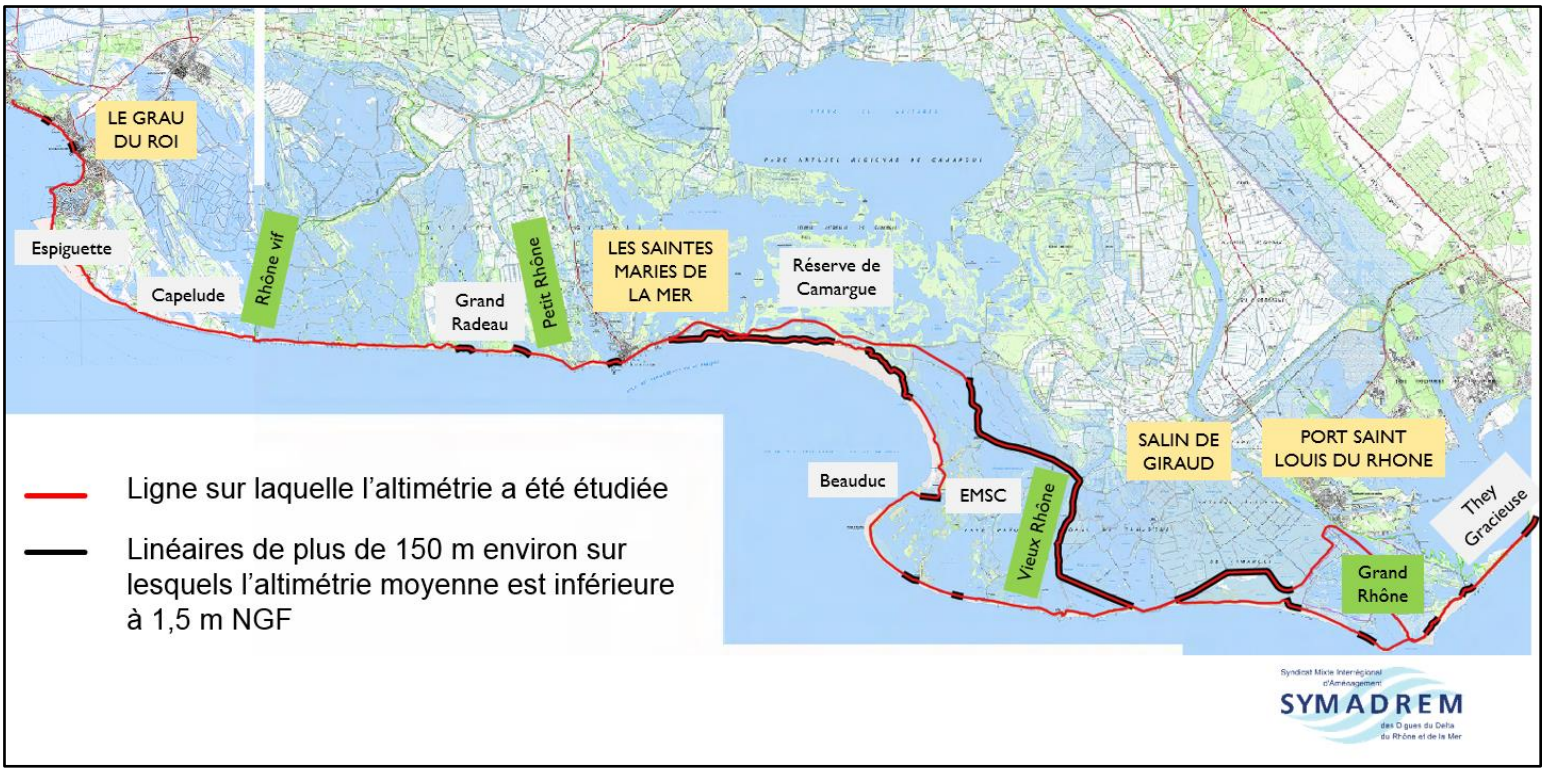


Figure 81 : localisation des points bas de la ligne de protection

On remarque :

- Deux points bas à proximité du centre-ville du Grau-du-Roi (le premier est situé au niveau du secteur de La Résidence de la Mer – Les Villégiales sur la plage du Boucanet ; le second est situé le long des 300 derniers mètres de la Plage Rive droite) ;
- Un point bas à proximité immédiate du centre-ville des Saintes-Maries-de-la-Mer (correspondant à la promenade de Port Gardian) ;
- Une protection altimétrique également basse autour du village de Salin-de-Giraud.

Des photos de ces secteurs sont présentés ci-dessous :

Figure 82 : La Résidence de la Mer (plage du Boucanet) au Grau-du-Roi

Figure 83 : Plage rive droite au Grau-du-Roi

Figure 84 : Promenade de Port Gardian aux Saintes-Maries-de-la-Mer

6.5 CONCLUSION DU VOLET « OUVRAGES»

Le seul ouvrage situé en retrait par rapport au rivage (hors ouvrage de second rang) – au moins sur une partie de son linéaire - est la digue à la mer, en Camargue insulaire. Son état est plutôt bon, sauf entre le Clos d'Esclaux et le Vieux Rhône (chemin d'accès à Beauduc), c'est-à-dire dans l'environnement proche de Salin-de-Giraud, où elle présente un état fort dégradé, associé à un calage altimétrique bas, ce qui laisse perplexe sur le qualificatif d'ouvrage de protection sur ce linéaire. Sur ce même secteur, les ouvrages du front de mer sont en mauvais état (digue de Véran détruite, ouvertures naturelles de graus).

Ailleurs, lorsqu'il n'y a pas d'ouvrages, ce sont les dunes, plages ou autres éléments topographiques qui constitue la ligne de protection contre la submersion et l'élévation du niveau de la mer. Cette ligne présente des points bas situés parfois à proximité immédiate des enjeux urbanisés : deux points bas sont relevés à proximité du centre-ville du Grau-du-Roi et un à proximité immédiate du centre-ville des Saintes-Maries-de-la-Mer, au niveau de la promenade de Port Gardian dont le calage descend parfois en dessous de 1,5 m NGF (Voir photo page précédente). A titre de comparaison, les digues frontales qui protègent le site des Salins du Midi d'Aigues Mortes sont calées autour de 2,5 m NGF.

L'état et la hauteur des dunes sont hétérogènes sur le territoire. Sur la commune du Grau-du-Roi, elles sont relativement hautes et en bon état. Le long de la plage Napoléon, à l'est du parking, les dunes sont parfois très dégradées, ce qui fragilise la pérennité du They, élément de protection naturel contre la submersion de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône, et du Golfe de Fos.

Des ouvrages de type épis, brise-lames, tenons ou enrochements frontaux sont présents sur le rivage sur environ 50 % du linéaire. Leur état est très hétérogène, certains ouvrages sont totalement détruits, alors que d'autres sont en bon état, du fait d'un entretien régulier et/ou de sollicitations marines moins fortes. Les ouvrages en meilleur état ne sont pas forcément ceux à proximité immédiate des enjeux urbanisés. On relève par exemple la présence de certains ouvrages en mauvais état (épi ouest de Port Gardian par exemple) au droit du centre villes des Saintes-Maries-de-la-Mer. Cette hétérogénéité de l'état des ouvrages est à mettre en lien avec le nombre important de gestionnaires, ce qui ne facilite pas une approche globale de gestion à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire.

7 ANALYSE DES DONNEES MESUREES

Ce paragraphe a pour objectif de mettre en évidence l'évolution des paramètres physiques suivants sur le territoire du Grand Delta du Rhône :

- évolution du niveau marin moyen (mesuré au pertuis de la Fourcade et au marégraphe du Grau de la Dent) ;
- évolution des débits du Rhône à la station de Beaucaire-Tarascon ;
- évolution du niveau des étangs mesuré au pertuis de la Fourcade ;
- évolution de la pluviométrie sur le littoral du Grand Delta du Rhône (mesurée à la Tour du Valat, aux Saintes Maries de la Mer et à Aigues-Mortes). Deux stations au nord du Delta sont également étudiées : Nîmes Garon et Tarascon.

Ces paramètres n'ont pas tous un lien direct avec les problématiques de la submersion marine et de l'évolution du trait de côte. L'analyse de leurs variations sur les dernières décennies permet toutefois de dresser un état des lieux quantifié des conséquences du réchauffement climatique sur le Grand Delta du Rhône.

7.1 ANALYSE DES NIVEAUX MOYENS ENREGISTRES AUX MAREGRAPHES

7.1.1 Les marégraphes utilisés pour l'analyse

Les marégraphes utilisés pour l'analyse sont listés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25 : marégraphes et leurs gestionnaires

Marégraphe	Propriétaire/gestionnaire
Fos-sur-Mer	SHOM, Grand Port Maritime Marseille-Fos
Grau de la Dent	Compagnie Nationale des Salins du Midi et de l'Est
Port-Camargue	DREAL Occitanie, SPC Grand Delta, Régie Autonome de Port Camargue
La Fourcade	Réserve de Camargue (RNN), Tour du Valat

Leur localisation est présentée sur la carte ci-dessous :

Figure 85 : Carte de localisation des marégraphes

Les niveaux enregistrés ont été moyennés sur des périodes journalières, mensuelles et annuelles.

Les marégraphes de Port Camargue et de Fos fournissent des données sur une période de l'ordre de 10 ans. Cette durée est trop courte pour que des analyses fiables puissent être effectuées. Par conséquent, la tendance d'élévation du niveau de la mer n'a pas été estimée pour ces marégraphes.

Les périodes où les données sont disponibles, ainsi que les données manquantes sont listées dans le tableau ci-dessous. Lorsque la durée de données manquantes est supérieure à 2 mois, l'année n'est pas prise en compte pour l'analyse des données annuelles moyennes.

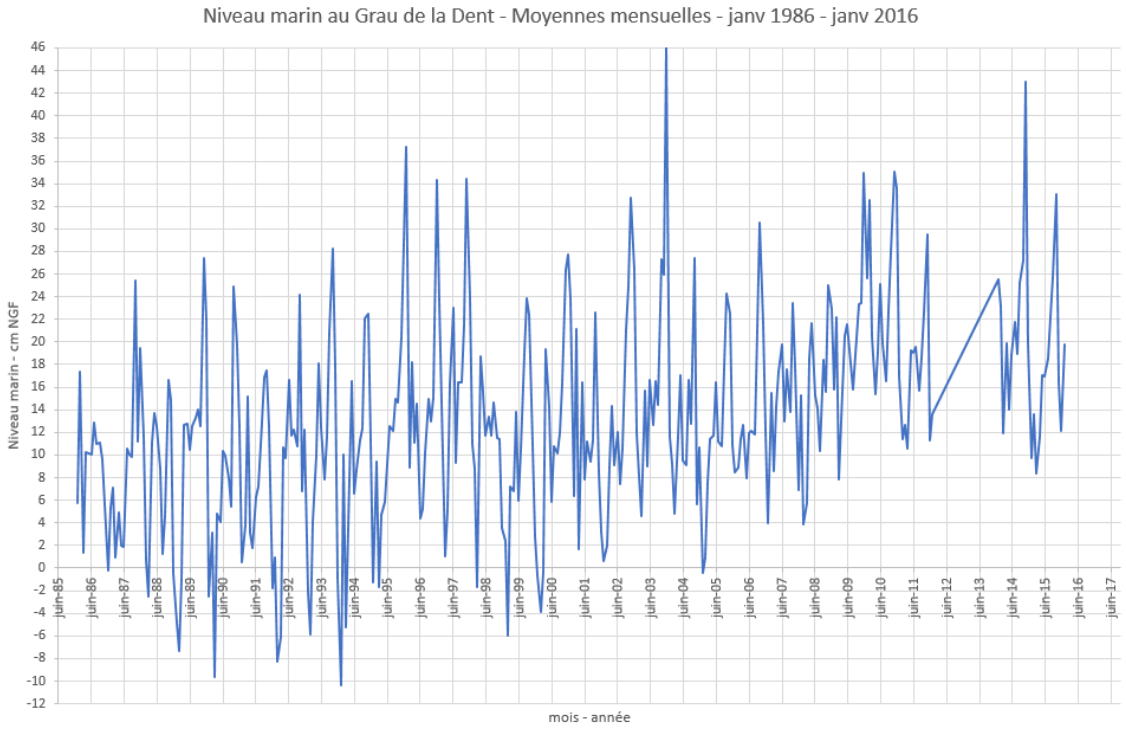
MAREGRAPHE	PERIODE DISPONIBLE		DONNEES MANQUANTES			ANNEES NON PRISE EN COMPTE POUR L'ANALYSE
	DATE DE DEBUT	DATE DE FIN	DATE DE DEBUT	DATE DE FIN	DUREE	
GRAU DE LA DENT	29/04/1960	04/01/2016	09/07/1983	06/01/1986	2 ans et 6 mois	1960 à 1985 inclus - 2012 - 2013
			21/04/1986	12/06/1986	1,5 mois	
			26/01/1997	14/03/1997	1,5 mois	
			02/01/2012	06/01/2014	2 ans	
PORT CAMARGUE	22/08/2009	aujourd'hui	20/07/2011	12/09/2011	1,5 mois	2009
FOS SUR MER	31/01/2006	aujourd'hui	01/03/2006	15/11/2006	8,5 mois	2006 - 2007 -2008 - 2009 - 2010 - 2018
			22/11/2006	29/04/2010	3,5 ans	
			05/04/2018	02/07/2018	3 mois	
FOURCADE	01/01/2001	31/12/2019	12/10/2015	31/12/2015	2,5 mois	2015
			01/01/2016	19/01/2016	18 jours	
			14/11/2016	05/12/2016	16 jours	
			19/05/2018	04/06/2018	12 jours	

Tableau 26 : périodes de données disponibles et manquantes aux marégraphes. Données non prises en compte pour l'analyse

Concernant la série du Grau de la Dent, il est indiqué dans le rapport du BRGM [L002] : « La série marégraphique disponible présente deux périodes disjointes de 1960 à 1983 et 1986 à 1995 (CETE, 2010). Cette série présente deux niveaux de référence différents entre la première et la deuxième période. Le CETE Méditerranée a procédé au recalage de la série avec un bon degré de confiance sur la période 1986-1995. La période antérieure est plus délicate à caler avec une possible sous-estimation des niveaux extrêmes liée à l'envasement du marégraphe (CETE,2010) ». Pour cette raison, l'analyse de l'évolution des niveaux au marégraphe du Grau de la Dent a été mené à partir de 1986. Les années précédentes n'ont pas été prises en compte dans l'analyse.

7.1.2 Analyse des résultats et conclusion

Les graphiques des niveaux mensuels et annuels au marégraphe du Grau de la Dent sont présentés ci-dessous. Une courbe de tendance est ajoutée sur les niveaux moyens annuels :



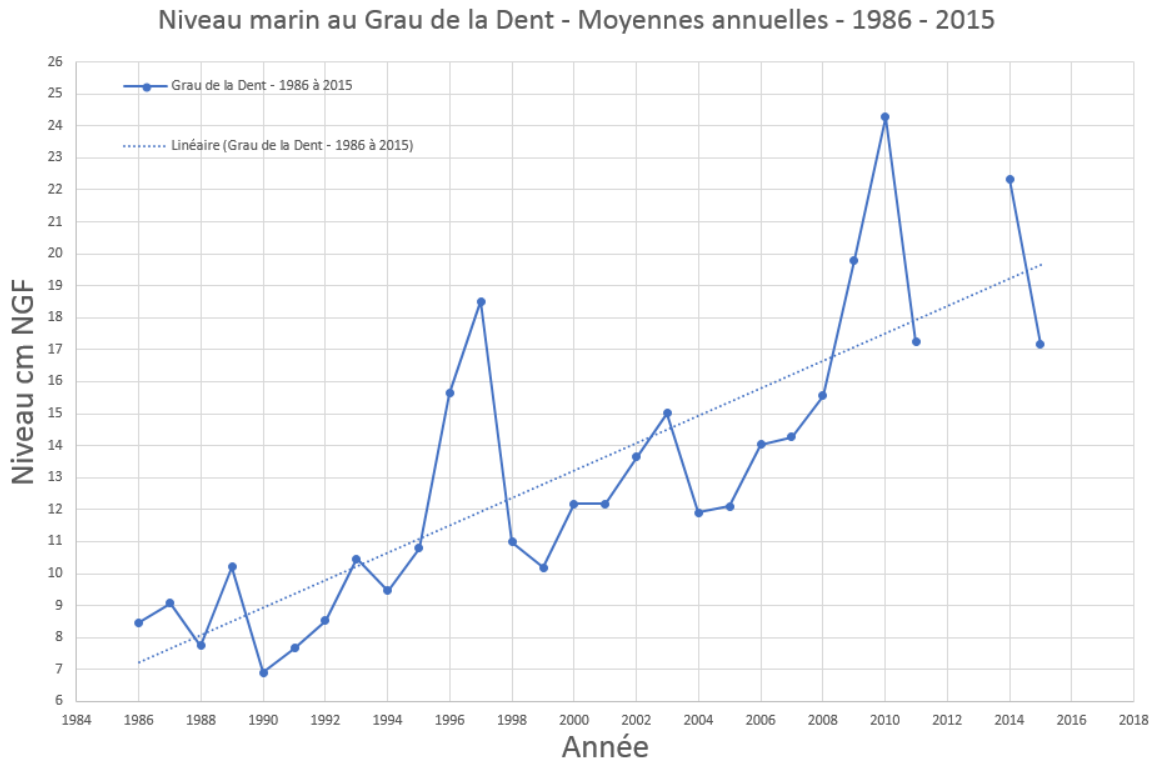
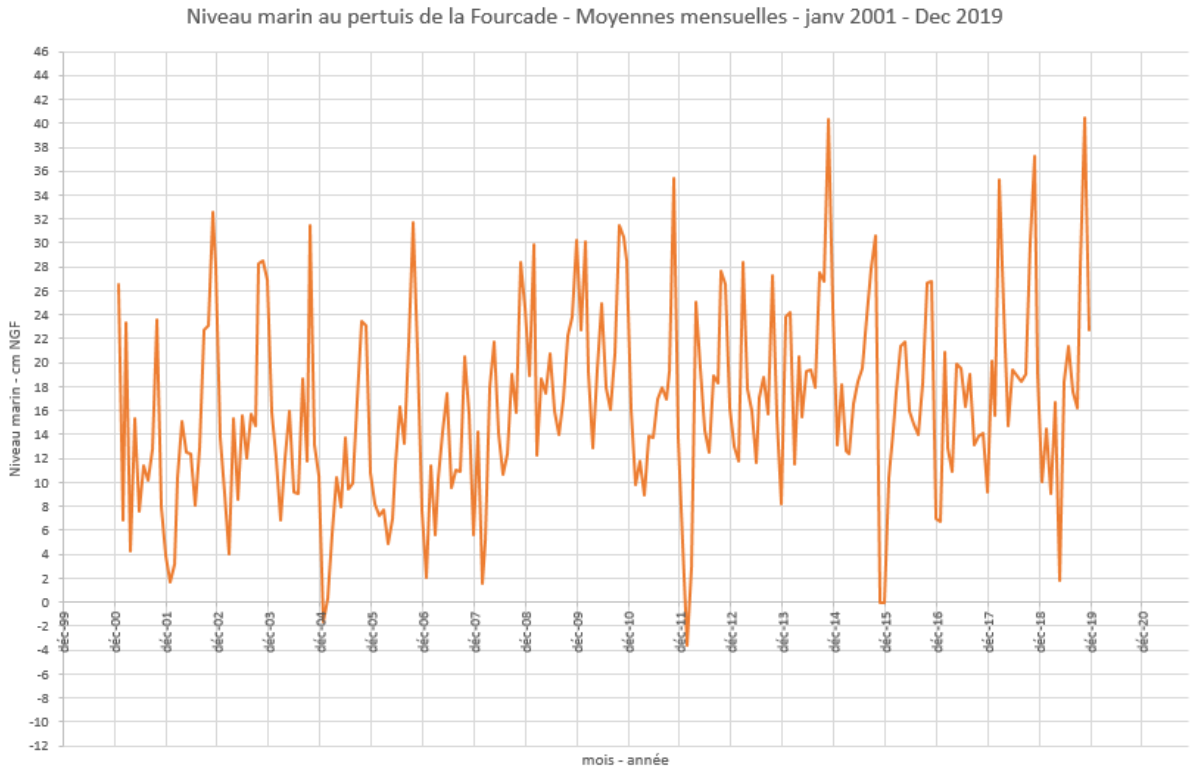


Figure 86 : Niveaux marins au Grau de la Dent – 1986 à 2016 (source de la donnée : Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est / retranscription des données CETE)



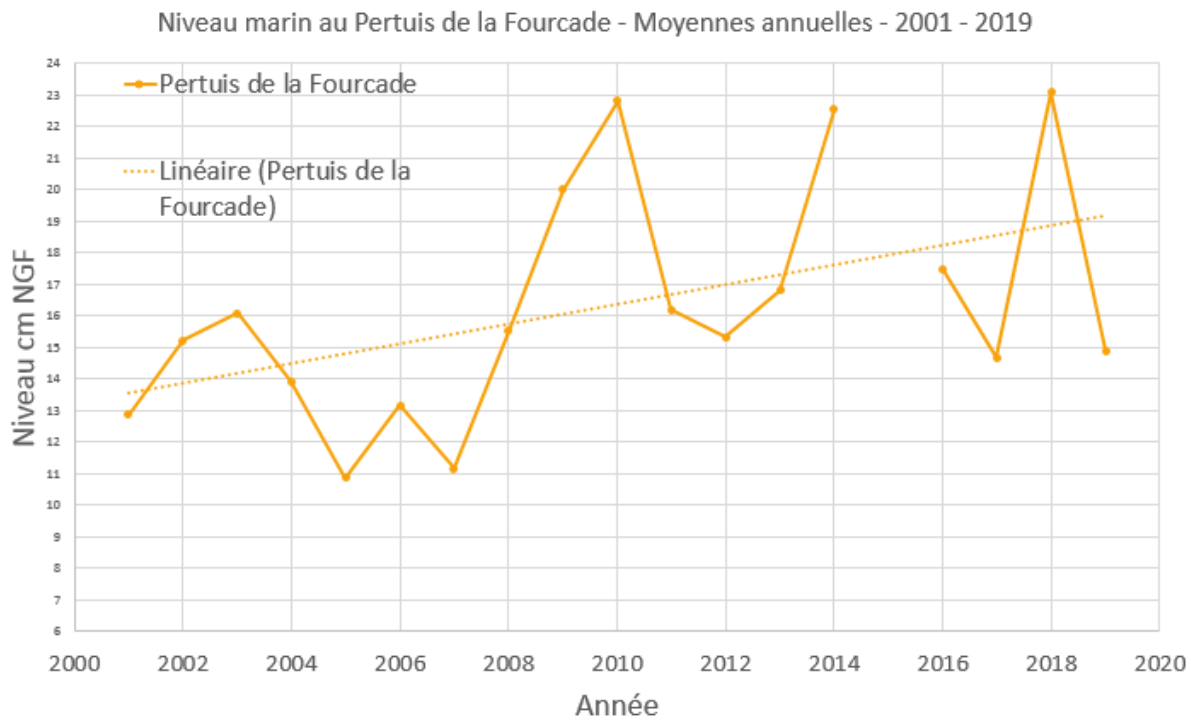


Figure 87 : Niveaux marins au pertuis de la Fourcade – 2001 à 2019 (source de la donnée : Réserve Naturelle Nationale de Camargue / SNPN)

La courbe de tendance du marégraphe du Grau de la Dent montre une élévation de 12,4 cm en 29 ans, soit **4,3 mm/an**.

La courbe de tendance du marégraphe de la Fourcade montre une élévation de 6,7 cm en 18 ans, soit **3,7 mm/an**.

Pour rappel, le dernier rapport du GIEC [**L303** – AR6] indique « Le niveau marin moyen a augmenté de 0,20 [0,15 à 0,25] m entre 1901 et 2018, avec un taux d'élévation qui s'est accéléré depuis les années 1960 pour atteindre 3,7 [3,2 à 4,2] mm/an pour la période 2006-2018 (degré de confiance élevée) ».

Le marégraphe de la Fourcade présente un taux d'élévation cohérent (même si la période d'analyse est légèrement plus étendue) avec le taux mondial observé sur la période 2006-2018, soit 3,7 mm/an.

Le taux d'élévation au Grau de la Dent est plus élevé, alors qu'il couvre une période temporelle plus large. La période commune pour laquelle nous disposons de données pour les deux marégraphes est la période [2001 – 2015], soit 15 années, auxquelles il faut retirer les années 2015 pour la Fourcade et 2012 et 2013 pour le Grau de la Dent (par manque de données). Ainsi l'analyse comparative sur une même période ne pourrait se faire que sur de la Fourcade et du Grau de la Dent sur 13 années de données, ce qui est trop peu pour dégager des tendances fiables.

A titre de comparaison, les données moyennes annuelles des 4 marégraphes ont été superposées sur un même graphique :

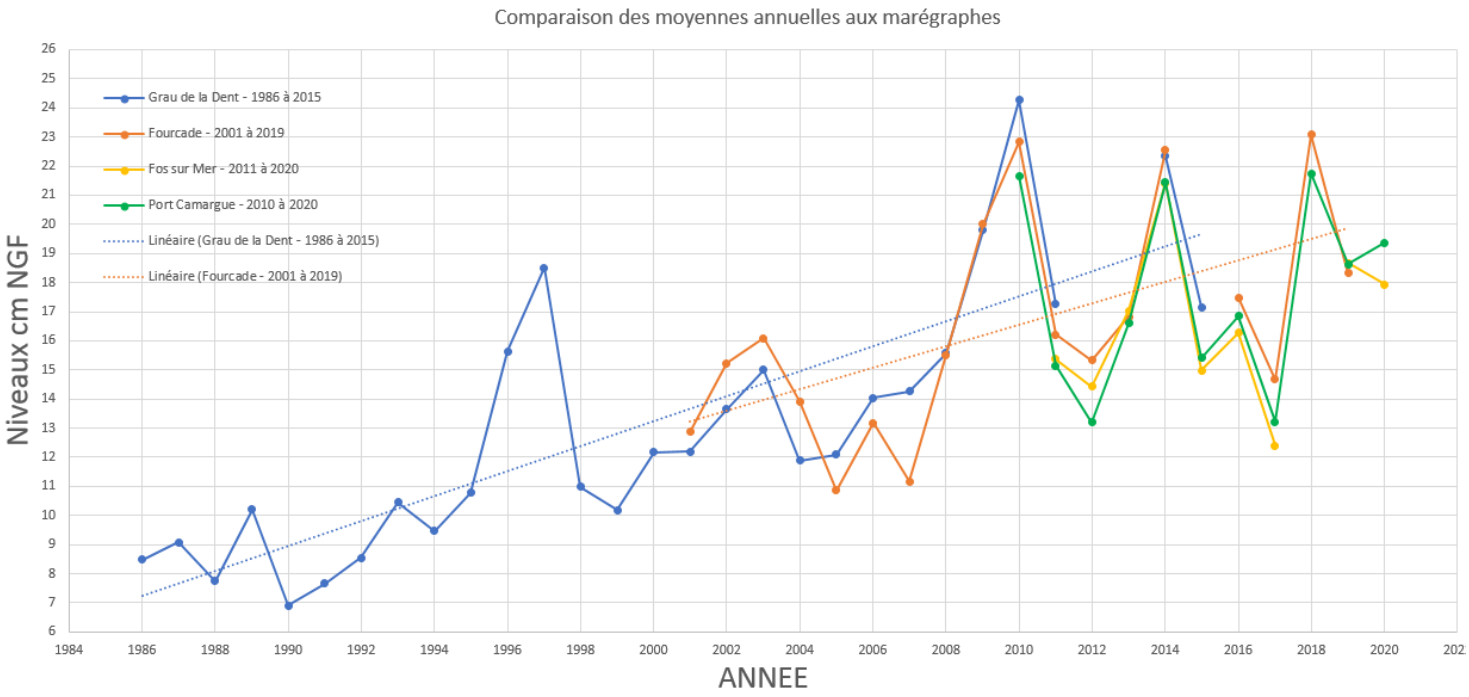


Figure 88 : Comparaison des moyennes annuelles des différents marégraphes

On remarque la bonne cohérence des données sur ces 15 dernières années.

Les analyses menées dans ce paragraphe permettent de dégager des ordres de grandeur. On retiendra sur ces 20 dernières années le taux de 3,7 mm/an, cohérent avec les observations au niveau mondial.

7.1.3 Actualisation des scénarios de forçage avec les données récentes du marégraphe du Grau de la Dent

Afin de définir les scénarios de forçage et l'évènement de référence, définis par les variables suivantes : le niveau d'eau au repos (SWL), la hauteur de vague significative (Hs), la période pic des vagues (Tp) et la direction pic des vagues (Dp), le BRGM a utilisé les données du marégraphe du Grau de la Dent [L002]. Il est indiqué dans ce rapport :

« Les valeurs extrêmes de SWL calculées à partir de la série complète du Grau de la Dent (1960-1995) sont inférieures à celles calculées à partir de la période commune aux données de vague. Cela est dû au fait que sur la période 1960-1979, aucune valeur extrême n'a été enregistrée (i.e. les 3 valeurs les plus fortes se sont produites pendant la période 1979-1995), ce qui peut être le reflet du caractère aléatoire du phénomène étudié ou d'une erreur de mesure.

Etant donné la mise en garde du CETE (2010) sur la première partie de la série (1960-1983), il est en effet possible que la mesure du marégraphe sur cette période soit faussée.
Afin de ne pas sous-estimer le risque, il a été décidé de travailler avec la loi de probabilité ajustée à la période commune aux données de vague (1979-1995).

La durée réduite de la série génère des incertitudes sur l'estimation des niveaux d'eau de période de retour élevée mais cette incertitude est considérée plus acceptable. »

Les variables caractérisant les tempêtes définies par le BRGM l'ont donc été sur la base des données du marégraphe du Grau de la Dent sur la période 1979-1995. A l'époque de la réalisation de ce travail, les données numérisées du marégraphe sur la période 1996-2015 n'étaient pas disponibles.

Une actualisation des variables caractérisant les tempêtes (ou scénarios de forçage) pourrait être menée avec ces données plus récentes. Elle conduirait probablement à une révision à la hausse du paramètre SWL pour une tempête d'occurrence donnée. En effet, le niveau moyen au marégraphe sur la période 1995-2015 a augmenté d'environ 8 cm (cf. Figure 86).

Toutefois, ce travail n'a pas été mené dans le cadre du diagnostic, puisqu'une marge d'élévation du niveau de la mer de 20 cm a déjà été prise en compte par le BRGM dans la définition des tempêtes, conformément au guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Littoraux » (cf. § 3.3.3). Cette marge de 20 cm permet d'intégrer les évolutions du niveau marin de ces dernières années et des années à venir qui couvrent la phase d'établissement de la stratégie littoral et du PAPI littoral.

7.2 ANALYSE DES DEBITS DU RHONE

7.2.1 Principe de l'analyse

A l'échelle nationale, l'étude de « l'impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Bilan actualisé des connaissances » réalisé par l'Agence de l'Eau en novembre 2017 [L203] indique que « le projet Explore 2070 a projeté une augmentation de la température annuelle moyenne de +1.4 à +3°C et une tendance à la diminution des précipitations estivales de -16 à -23 %. Les projections d'évolution des débits aux droits de 1522 points sur le réseau hydrographique national montrent de façon générale :

- Une diminution significative globale des débits moyens annuels à l'échelle du territoire de -10 à – 40 % ;
- Une diminution prononcée des débits d'étiages pour une majorité des cours d'eau ;
- Une évolution hétérogène et globalement moins marquée des crues ».

Les paragraphes suivants fournissent des informations concernant plus spécifiquement l'évolution des débits du Rhône.

L'évolution du débit moyen annuel du Rhône a été calculé à la station de Beaucaire-Tarascon en utilisant les deux sources de données suivantes :

- 1971-2016 : données issues de l'étude d'actualisation de l'hydrologie des crues du Rhône réalisée par la DREAL AURA en 2018 ;
- 2016-2019 : données horaires de débit fournies par le Service de Prévision des Crues Grand Delta

Concernant les projections d'évolution du module, du débit d'étiage et des débits de crues, les informations présentées sont issues de l'étude [L203]. Notons que cette étude, parue en 2016 et actualisée en 2017, est basée sur des prévisions antérieures du GIEC (rapport AR5), un nouveau rapport (AR6) ayant été publié depuis.

7.2.2 Evolution du débit moyen annuel (module)

L'évolution du débit moyen mensuel du Rhône entre 1971 et 2019 est représentée sur le graphique suivant :

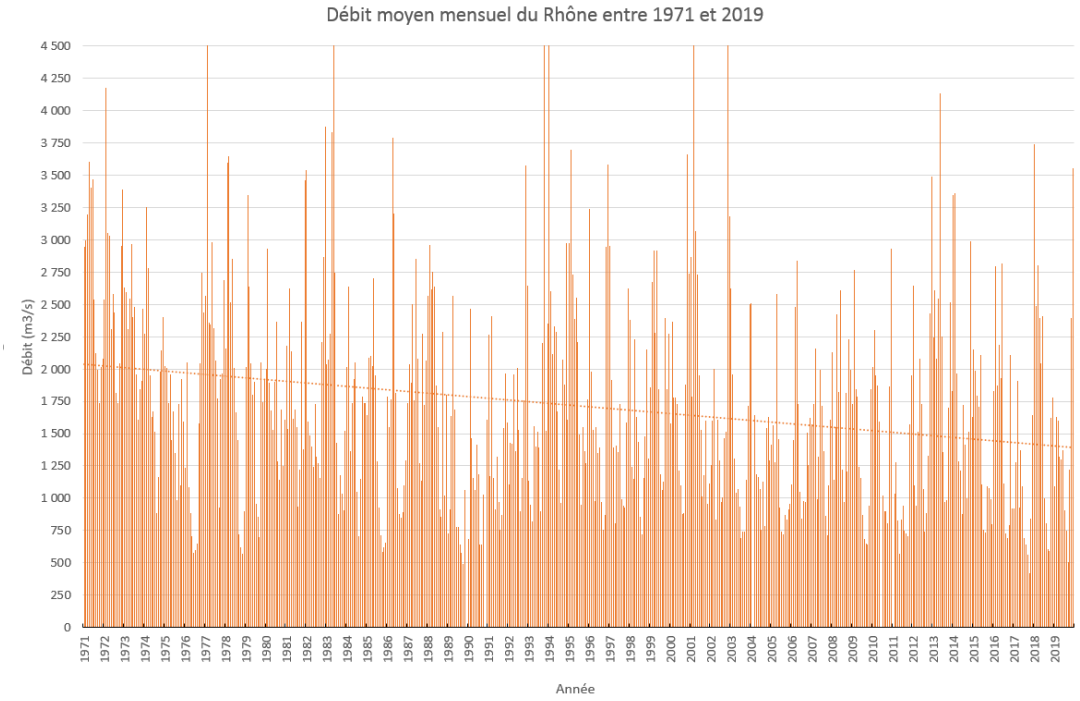


Figure 89 : Débit moyen mensuel du Rhône entre 1971 et 2019

Le calcul des débits moyens annuels est présenté sur le graphique suivant :

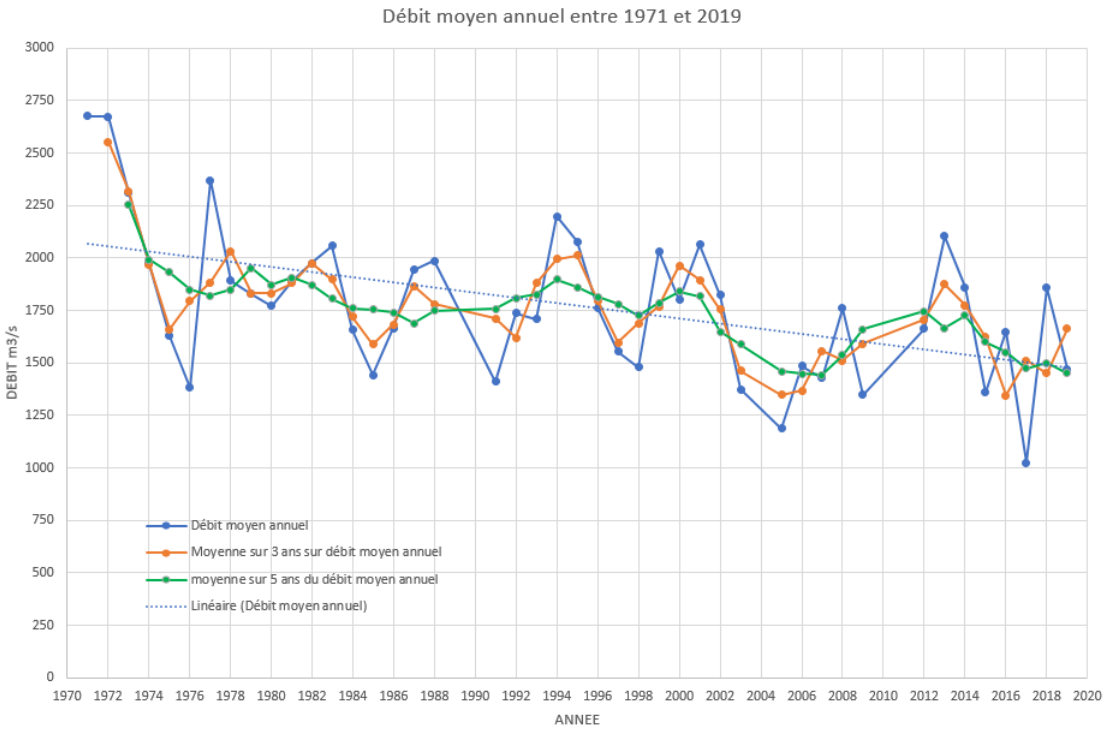


Figure 90 : Evolution du débit moyen annuel (module) entre 1971 et 2019

On observe une nette diminution du débit moyen annuel entre 1971 et 2019. La baisse est de l'ordre de 30 % en 50 ans.
Notons que pour l'année 2003, le module est de l'ordre de 1300 m^3/s, ce qui est une valeur assez faible (au regard de la courbe présentée Figure 90). Pourtant c'est en 2003, le 3 décembre, que le Rhône connaît sa crue centennale avec un débit de pointe de 11 500 m^3/s. Ceci est révélateur de l'absence de lien entre la crue et le module.

Concernant les projections d'évolution, l'étude [L203] indique : « A partir d'une approche multi-scénario et d'un modèle à base physique, une étude projette une diminution du module du Rhône à son exutoire de -11% pour la fin du siècle (Van Vliet et al., 2013). Le projet Explore 2070 projette une diminution du module du Rhône à Beaucaire de -8 % à – 36 %. Ces résultats sont les projections minimales et maximales de l'ensemble des 14 simulations (valeurs médianes : -14 et -24% selon le modèle considéré) (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2012(a)).

Deux études, centrées sur la recherche de tendance sur les crues centennales à l'échelle européenne, projettent des résultats trop contrastés pour dégager une tendance sur les débits annuels moyens du Rhône au cours du XXI^{ème} siècle (Alfieri et al., 2015 ; Rojas et al., 2012).

Une autre étude de Santini & Di Paola (2015), à l'échelle mondiale, basée sur la détermination de corrélations entre les débits moyens et les types de climats (définis par la saisonnalité des précipitations et la température) projette une diminution du module de -10 à -25 % à l'horizon 2050 et une augmentation de 10 à 25% à l'horizon 2100.

De ces résultats parfois contrastés se dégage tout de même une tendance à la diminution du module du Rhône qui serait comprise entre -10 et -40 % ».

7.2.3 Evolution des débits d'étiage

L'étiage est le débit minimal d'un cours d'eau. Il correspond statistiquement, sur plusieurs années, à la période de l'année où le niveau d'un cours d'eau atteint son point le plus bas (basses eaux).

L'étude [L203] indique à ce sujet :

« Ruiz-Villanueva et al. (2015) projettent une sévérité des étiages principalement dans le scénario où les débits estivaux provenant de la Suisse seraient divisés par deux pour 2100. Ceci est un point important car il a été estimé qu'environ 40% du débit du Rhône à Beaucaire provient de ses apports Suisses (Sivade et al., 2014).

L'étude de Vliet réalisée à l'échelle mondiale projette pour la fin du siècle, une diminution de 46% de la valeur du débit dépassé en moyenne 90% du temps pour le Rhône. Autrement dit, il y aurait presque deux fois moins d'eau lors des périodes de basses eaux. Cependant les incertitudes sont fortes sur ces résultats car le modèle tend fortement à sous-estimer les débits d'étiage en période de contrôle.

A la même échelle, les travaux de Giuntoli projettent également une diminution des débits estivaux sur les bassins Rhône Méditerranée (Van Vliet et al., 2013 ; Giuntoli et al., 2015).

Concernant le débit mensuel minimal d'une année hydrologique sur une période de retour de 5 ans (QMNA5), les projections d'Explore 2070 et de Dayon sont cohérentes. Il diminuerait de -20 à -50 % à Beaucaire selon Explore 2070 en fonction du modèle.

Selon le RCP, Dayon projette des diminutions allant d'environ -10 à -50% (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2012(a)) ».

On retiendra les projections d'évolution prévoyant des étiages plus sévères sur le Rhône.

7.2.4 Evolution des débits de crues

L'étude [L203] indique à ce sujet :

« Les projections sur les crues sont à prendre avec précaution. C'est sur ces phénomènes que les incertitudes sont les plus importantes. En effet, les crues extrêmes dépendent fortement des projections des précipitations extrêmes qui à ce jour sont très incertaines (Dumas et al., 2013 ; Giuntoli et al., 2015).

Réalisés à l'échelle mondiale, les travaux de Guintoli et al. 2015 ne montrent pas de tendance d'évolution du nombre de jours des débits extrêmes pour la France pour la fin du siècle sous le scénario RCP 8.5. Les résultats sont obtenus à partir de 6 modelés hydrologiques et 5 modèles climatiques globaux. Les débits extrêmes sont représentés par le Q95, soit les débits dépassés 5% du temps sur la période de référence 1972-2005 (Giuntoli et al., 2015). Les travaux de Van Vliet et al. (2015) projettent une augmentation de 1% de la valeur du Q95 du Rhône pour la fin du siècle.

Les travaux réalisés à l'échelle européenne montrent une tendance significative à l'augmentation de la valeur du débit centennal (Q100) du Rhône. Il pourrait augmenter de 50% pour la fin du siècle sous le scénario A1B (Rojas et al., 2012).

Les travaux d'Alfieri et al (2015) utilisent le même modèle à base physique (Lisflood) pour modéliser les tendances sur le Q100. Ils montrent également une augmentation de la valeur des crues centennales du Rhône mais plus limitée, d'environ +30 % pour la fin du siècle sous le RCP 8.5. D'après cette même étude le débit maximal annuel moyen augmenterait également sur le Rhône de 5 à 20 % (Alfieri et al., 2015).

A l'échelle française, l'étude de Dumas et al. (2013) projette également pour le Rhône une probabilité d'occurrence des crues centennales divisée par deux à l'horizon 2050. Ruiz-Villanueva et al. (2015) annoncent une possible augmentation des crues extrêmes du Rhône en amont de Lyon sans le quantifier du fait des trop fortes incertitudes.

Explore 2070 et la thèse de G. Dayon ont étudié l'évolution du débit moyen journalier maximum sur une période de 10 ans (QJAX10). Indépendamment des scenarios climatiques, Dayon projette une légère augmentation de ce paramètre sur le Rhône tandis qu'Explore 2070 projette une possible diminution du QJAX10 à Beaucaire variable en fonction du modèle considéré : de +10 à -20 % selon ISBA MODCOU et de 0 à -50 % selon GR4J. Dans les deux études les auteurs soulignent les fortes incertitudes autour de ces projections (Dayon, 2015 ; Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2012(a)) ».

On retiendra que l'évolution des débits des crues du Rhône ne fait pas consensus, certaines études prévoyant une baisse, d'autres prévoyant une augmentation dans les années à venir. Il n'est donc pas possible de conclure sur ce point en l'état actuel des connaissances. On notera que l'analyse menée par la DREAL AURA en 2018 sur l'observation des crues de 1816 à 2016 ne montre aucune tendance de changement de leur occurrence.

7.3 ANALYSE DES NIVEAUX DES ETANGS IMPERIAUX (FOURCADE NORD)

7.3.1 Données utilisées

Les données mesurées dans les étangs impériaux, au niveau du pertuis de la Fourcade, ont été mises à disposition par la Réserve Naturelle Nationale de Camargue – SNPN pour la période 2001-2019.

7.3.2 Analyse succincte

L'analyse a consisté à moyenner les données de façon à obtenir des niveaux moyens journaliers. La courbe de tendance est ajoutée sur le graphique présenté ci-dessous :

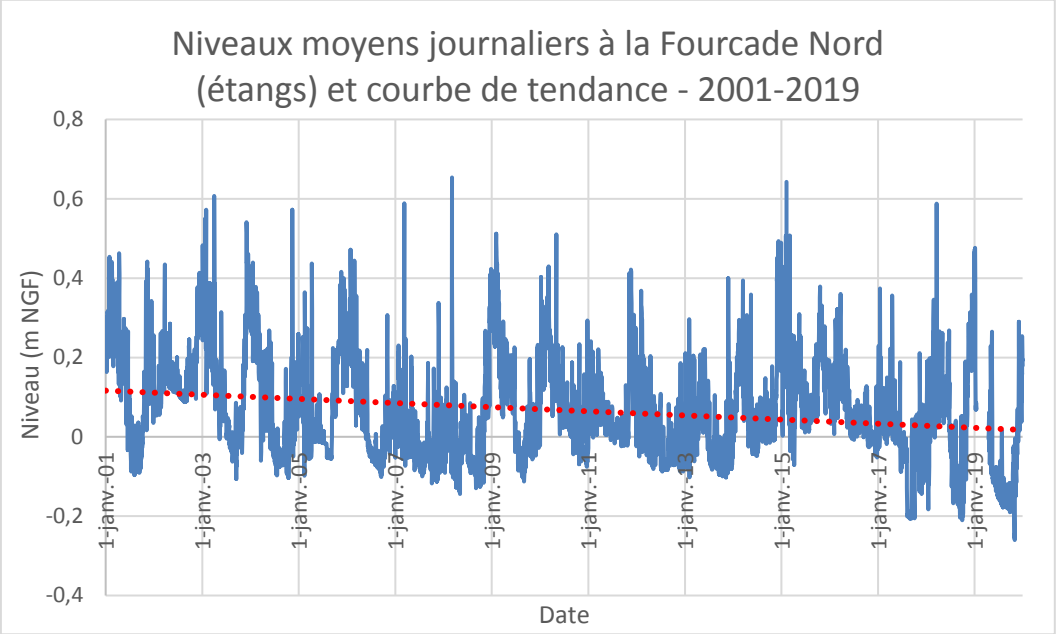


Figure 91 : niveaux moyens journaliers à la Fourcade Nord

On observe un abaissement moyen du niveau des étangs de 10 cm en 19 ans. Rappelons, que contrairement au niveau marin, le niveau des étangs est en partie contrôlé par l'application les consignes de vannes formulées en Commission Exécutive de l'Eau (CEDE) au pertuis de la Fourcade. L'abaissement constaté donne une tendance d'évolution mais ne peut donc être uniquement relié au changement climatique, même si ce dernier en est très certainement une des causes.

La superposition des courbes de tendances d'évolution des niveaux du marégraphe de la Fourcade et du niveau des étangs impériaux, sur une même période est présentée sur le graphique ci-dessous :

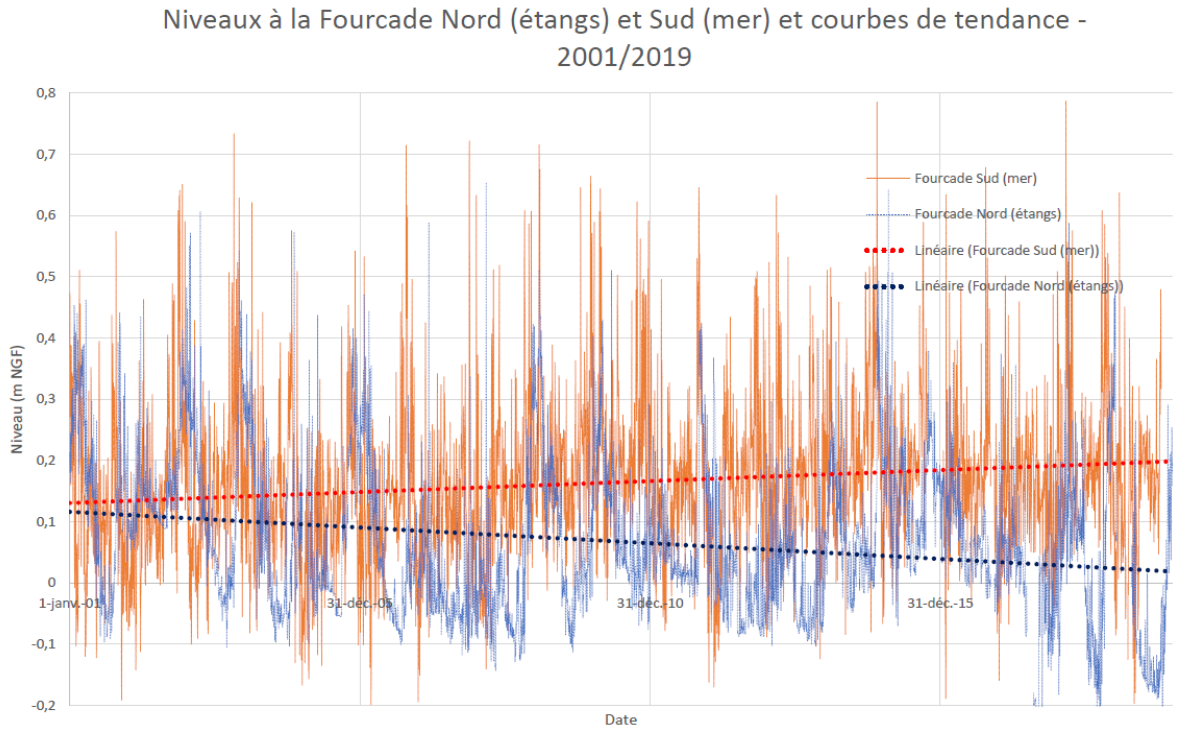


Figure 92 : Evolution du niveau marin et du niveau des étangs impériaux entre 2001 et 2019 (source de la donnée : RNN – SNPN)

Ce graphique montre que l'écart moyen entre le niveau marin moyen et le niveau des étangs s'accentue d'année en année pour atteindre environ 20 cm aujourd'hui (avec un niveau marin supérieur au niveau des étangs). La baisse de la pluviométrie (cf. § 0) et l'élévation du niveau marin ne devraient qu'accentuer ce phénomène dans les années à venir.

La question de la baisse du niveau des étangs (et de l'augmentation de la salinité) ne sera pas traitée dans le cadre de la stratégie sur le littoral du Grand Delta du Rhône, qui se focalise uniquement sur les thématiques de la submersion marine et de la gestion intégrée du trait de côte. Toutefois, les phénomènes naturels étant liés les uns avec les autres, il paraissait important de présenter de façon succincte ces évolutions mesurées en un point donné de la Camargue.

7.4 ANALYSE DE LA PLUVIOMETRIE

7.4.1 Données utilisées

L'objectif est d'analyser l'évolution de la pluviométrie sur le littoral du Grand Delta du Rhône, en se basant sur les données pluviométriques de la région, entre 1921 et 2021, fournies par Météo France. Ces données serviront aussi à quantifier les pluviométries mensuelles moyennes sur le littoral. Enfin, il sera analysé l'évolution de la pluviométrie lors de chaque mois de l'année pour essayer de définir quelles sont les tendances.

Les précipitations sur le littoral du Grand Delta du Rhône sont mesurées par trois pluviomètres, localisés à Arles (Tour du Valat, au Sambuc), aux Saintes-Maries-de-la-Mer et à Aigues-Mortes. Deux autres sites, Nîmes-Garons et Tarascon, seront également étudiés pour déterminer si les tendances observées sur le littoral du Grand Delta du Rhône lui sont spécifiques ou pas.
Les données sur lesquelles seront basés les calculs sont des cumuls pluviométriques mensuels en millimètre sur la période 1921-2021. Tous les pluviomètres ne sont pas en service depuis 1921, certaines séries de données sont donc plus courtes. Les périodes de données sont parfois discontinues, il peut manquer quelques mois ou plusieurs années de cumul pluviométrique mensuel.

Tableau 27 : Données disponibles à chaque pluviomètre

Pluviomètre	Période de données	Nombre d'années sans mesure	Nombre d'années incomplètes
Arles	1962-2021	0	8
Saintes-Maries-de-la-Mer	1921-2021	16	12
Aigues-Mortes	1921-2021	21	12
Tarascon	1991-2021	0	3
Nîmes-Garons	1964-2021	0	2

Leur localisation apparait sur la carte suivante.

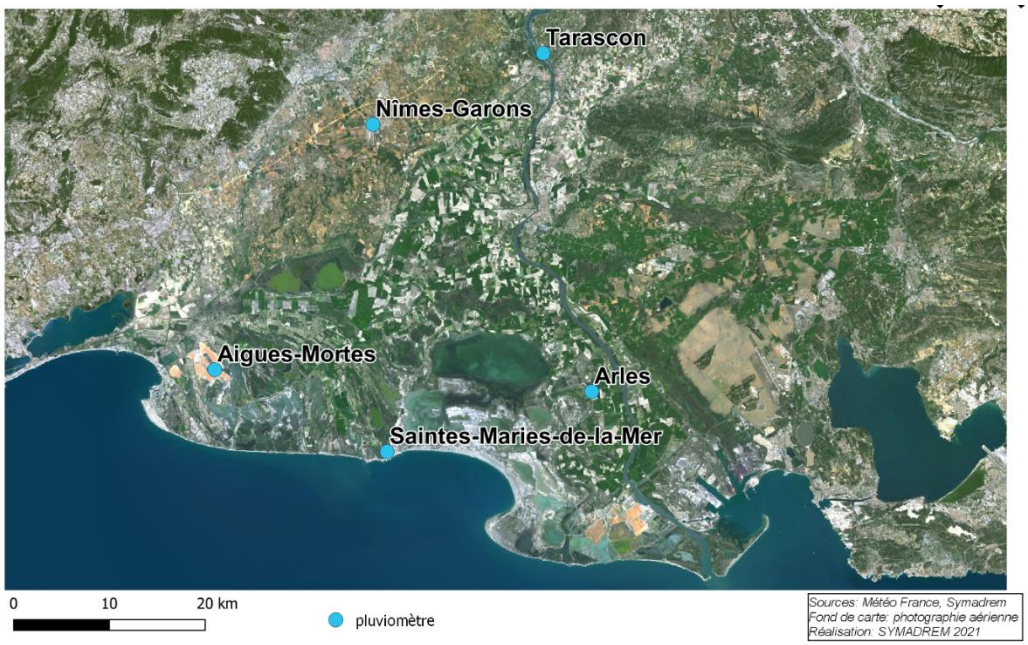
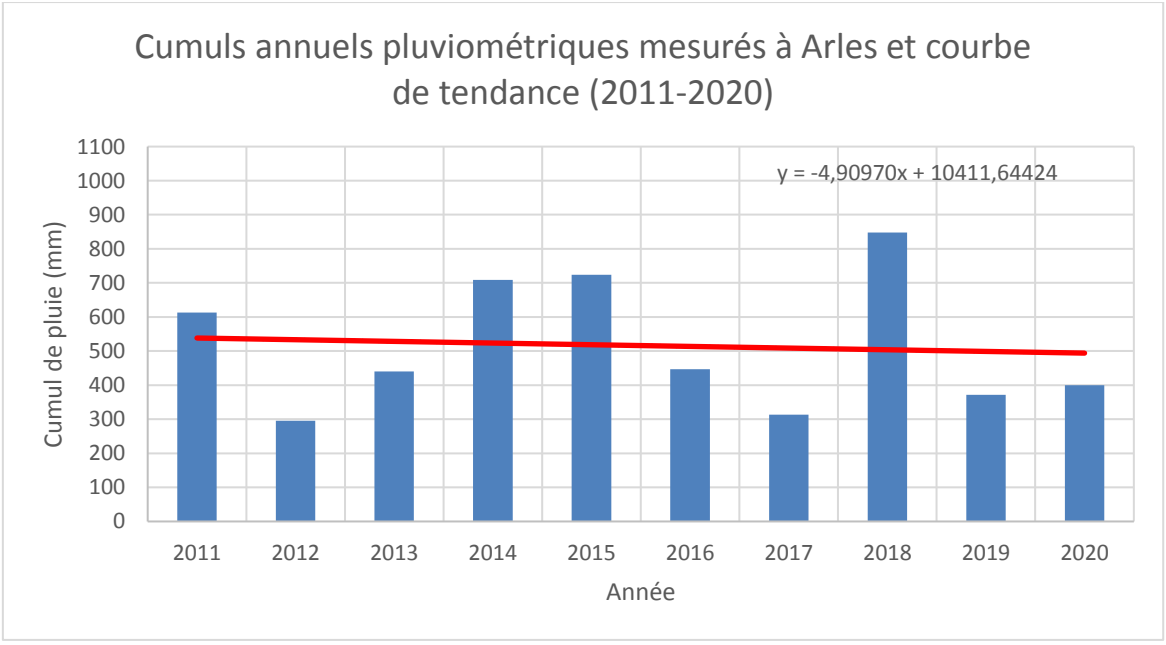
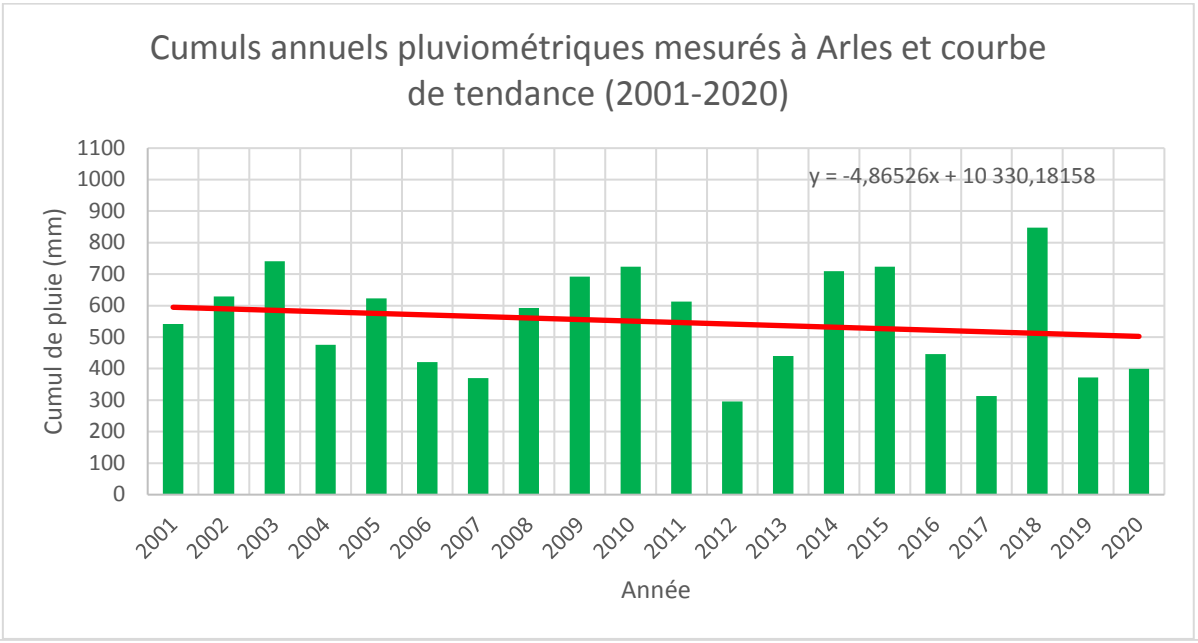


Figure 93 : localisation des pluviomètres

7.4.2 Analyse des cumuls sur les 10, 20 et 30 dernières années

Les cumuls pluviométriques annuels de chaque station sont représentés dans les graphiques suivants.





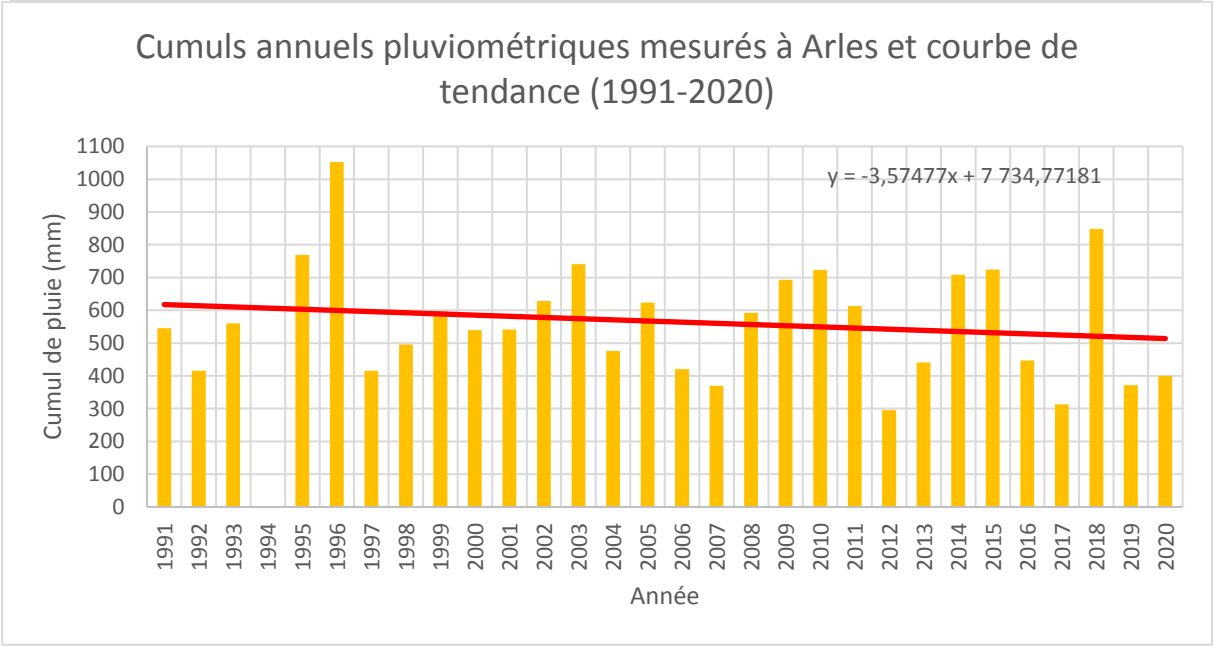


Figure 94 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Arles sur les 10, 20 et 30 dernières années (Tour du Valat)

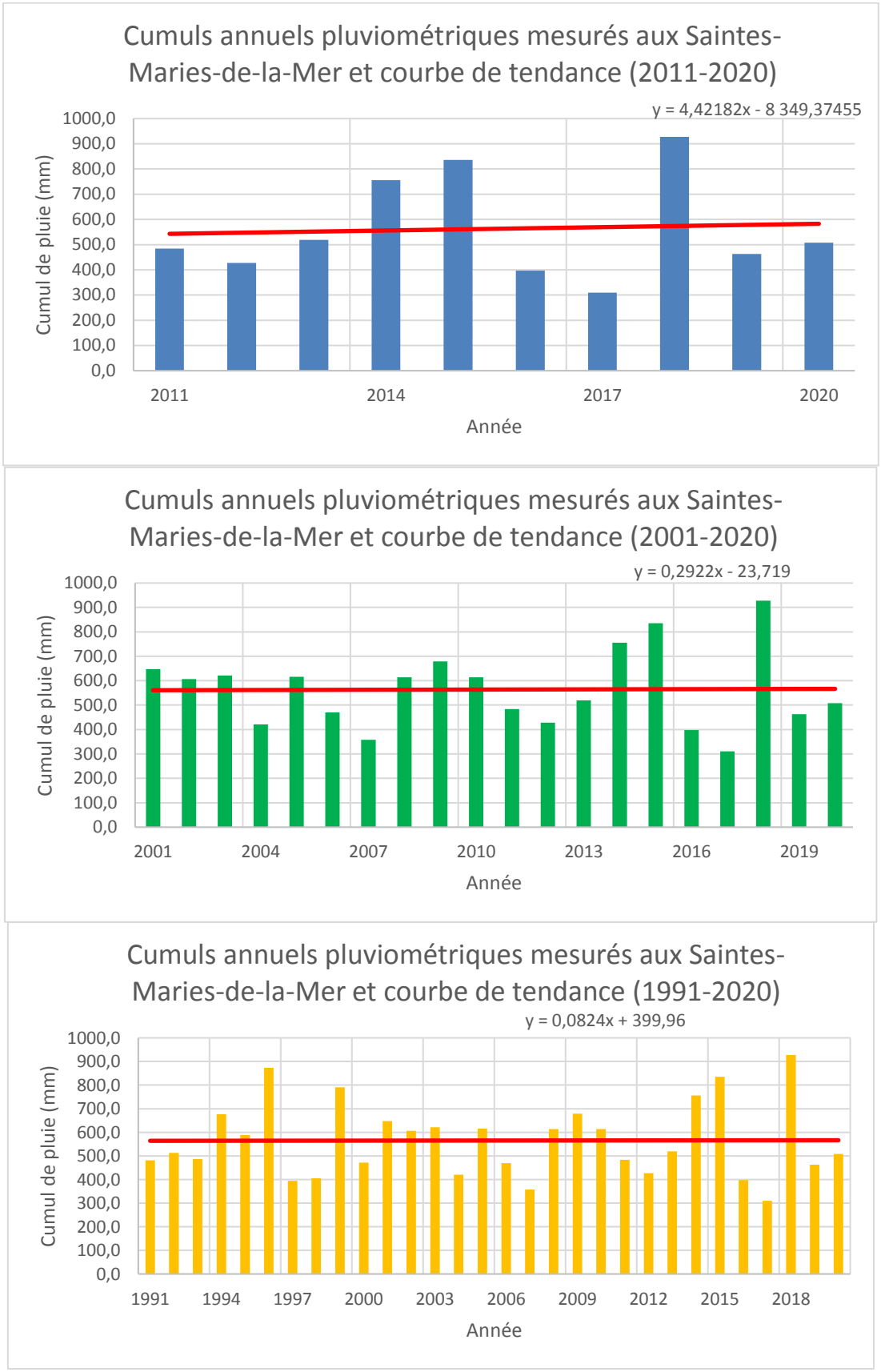


Figure 95 **: histogramme des cumuls pluviométriques annuels aux Saintes Maries de la Mer sur les 10, 20 et 30 dernières années**

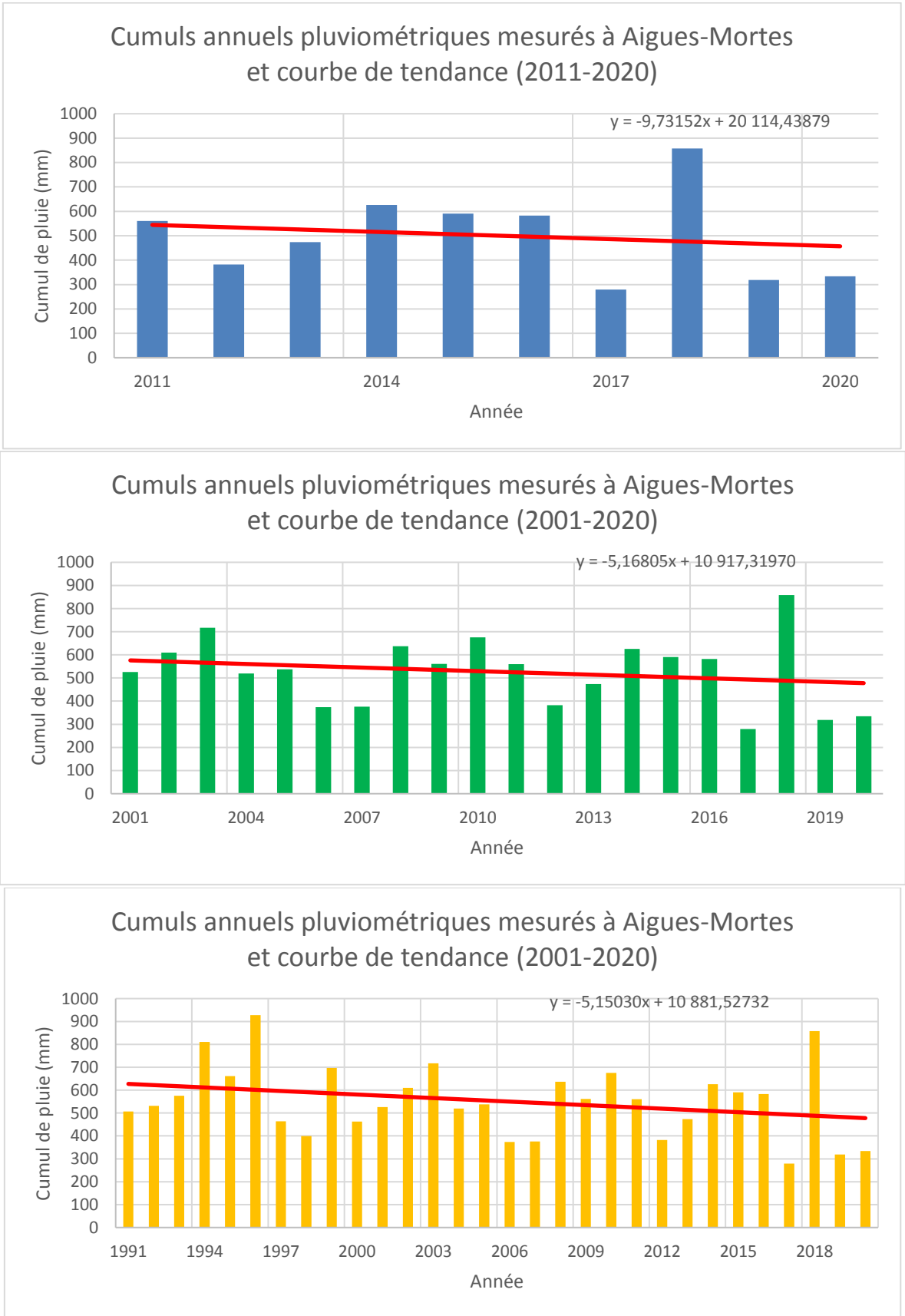


Figure 96 **: histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Aigues Mortes sur les 10, 20 et 30 dernières années**

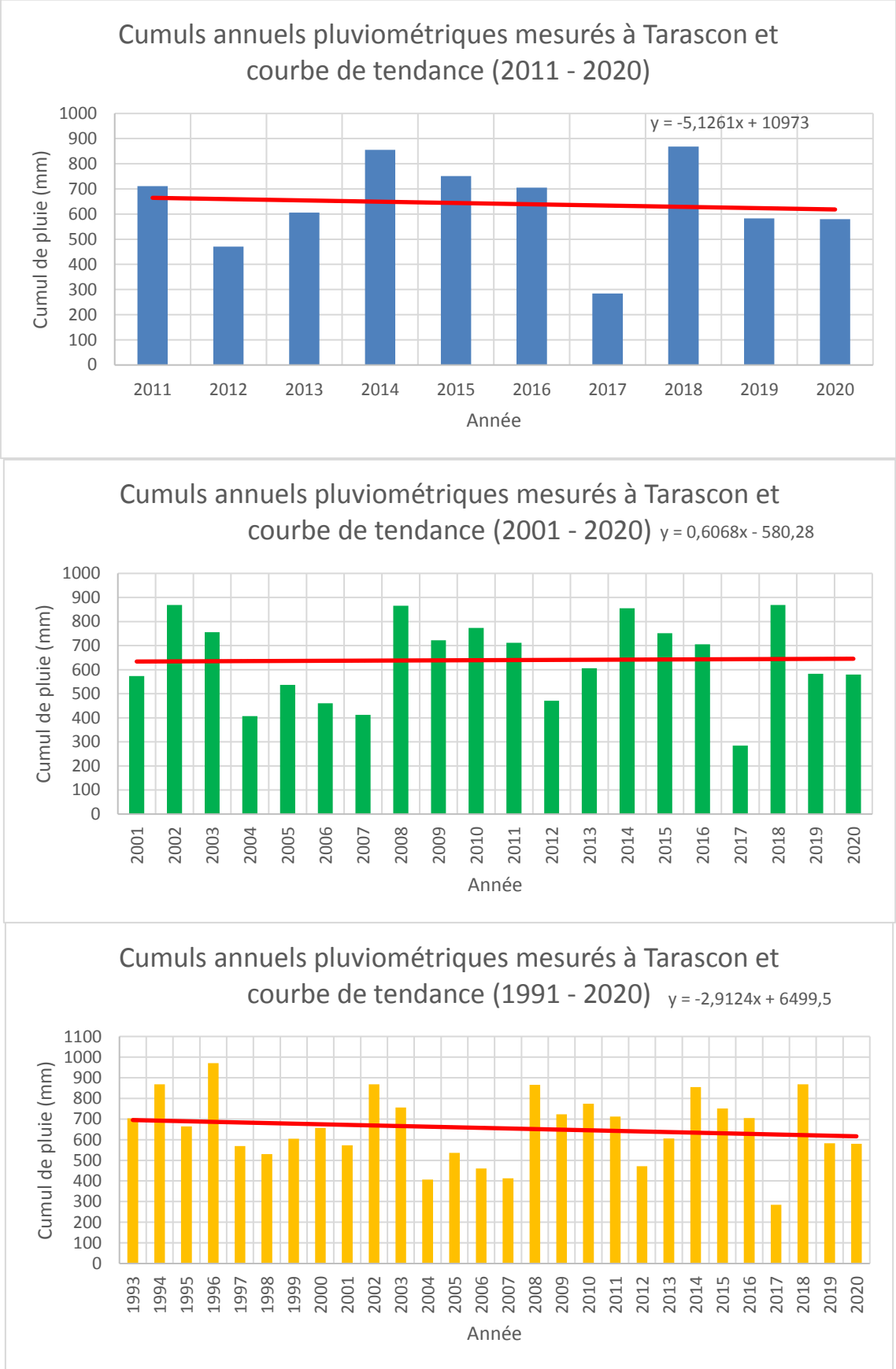


Figure 97 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Tarascon, sur les 10, 20 et 30 dernières années

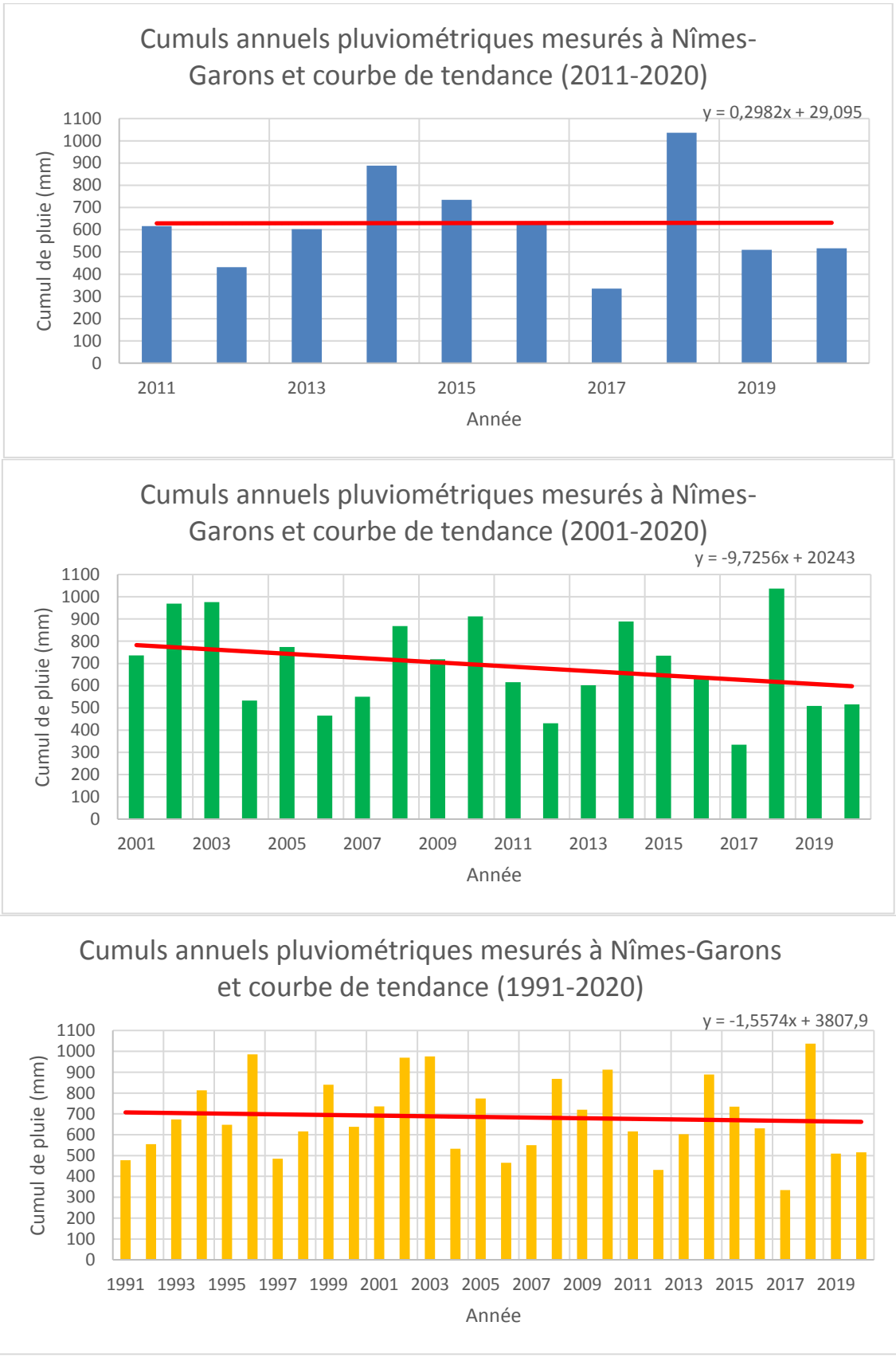


Figure 98 : histogramme des cumuls pluviométriques annuels à Nîmes-Garons

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 28 : Evolution des cumuls annuels de précipitations

Station	Arles	Saintes-Maries	Aigues-mortes	Tarascon	Nîmes-Garons
Evolution des cumuls annuels de précipitation sur les 10 dernières années (mm/an)	- 44	+ 40	- 88	- 46	+3
Evolution des cumuls annuels de précipitation sur les 20 dernières années (mm/an)	- 88	+ 6	- 98	+ 12	- 185
Evolution des cumuls annuels de précipitation sur les 30 dernières années (mm/an)	- 104	+2	- 149	- 84	- 45
Evolution (%) sur les 30 dernières années	- 17%	+ 0,4 %	- 24 %	-12%	- 6 %

On observe des différences de tendance d'évolution en fonction des stations et des périodes considérées. Seules les stations de Arles et Aigues-Mortes ont des tendances à la baisse sur les 10, 20 et 30 dernières années. Pour la station des Saintes-Maries-de-la-Mer, la tendance est globalement stable.

Il n'est donc pas possible de conclure quant à la baisse ou hausse de la pluviométrie sur les stations du Grand Delta de Camargue.

7.4.3 Analyse de la pluviométrie mensuelle

La pluviométrie d'une « année type » a été établie sur une période de presque 30 ans (1991-2020). En effet, l'année 1991 est celle à partir de laquelle tous les pluviomètres étudiés ont acquis des données. Les cumuls de chaque station sont moyennés mois par mois. Les valeurs ont été à nouveau moyennées de façon à distinguer les pluviomètres situés sur la frange littoral du Grand Delta du Rhône (Aigues Mortes, Saintes Maries de la Mer, Arles) de ceux situés au Nord du Grand Delta (Tarascon, Nîmes). Les histogrammes sont présentés sur la figure ci-dessous :

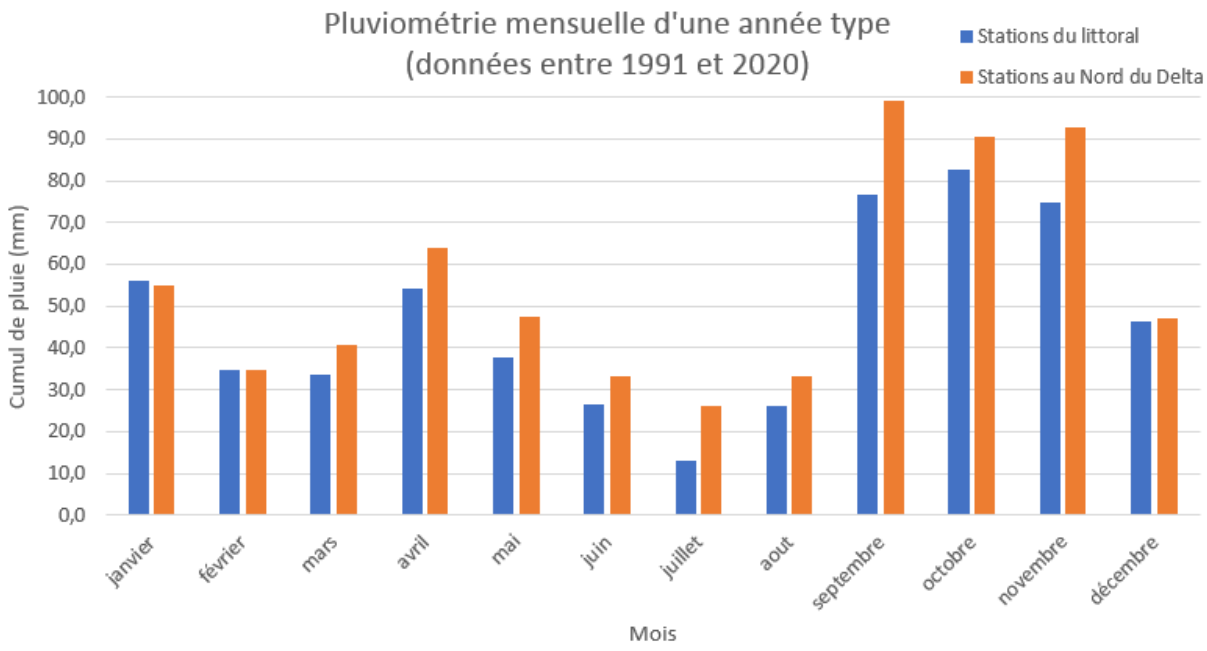


Figure 99 : Pluviométrie mensuelle moyenne sur la frange littorale du Grand Delta (station d'Arles Tour du Valat / Saintes Maries de la Mer / Aigues Mortes) et au nord du Grand Delta (station de Nîmes Garons et Tarascon)

On remarque des valeurs très faibles de pluviométrie l'été, alors que les mois de septembre, octobre et novembre sont ceux où il pleut le plus.

En comparant avec les cumuls obtenus au nord du Grand Delta, on remarque que le profil pluviométrique n'est pas spécifique à la frange littorale du Grand Delta. En effet, les histogrammes sont sensiblement les mêmes mais ils confirment une tendance observée jusqu'ici : les cumuls pluviométriques sont moins importants sur le littoral du Grand Delta que sur les territoires plus au nord, sauf pour les mois de décembre, janvier et février où les valeurs sont sensiblement les mêmes.

Les courbes de tendance des évolutions mensuelles de la pluviométrie sont présentées ci-dessous :

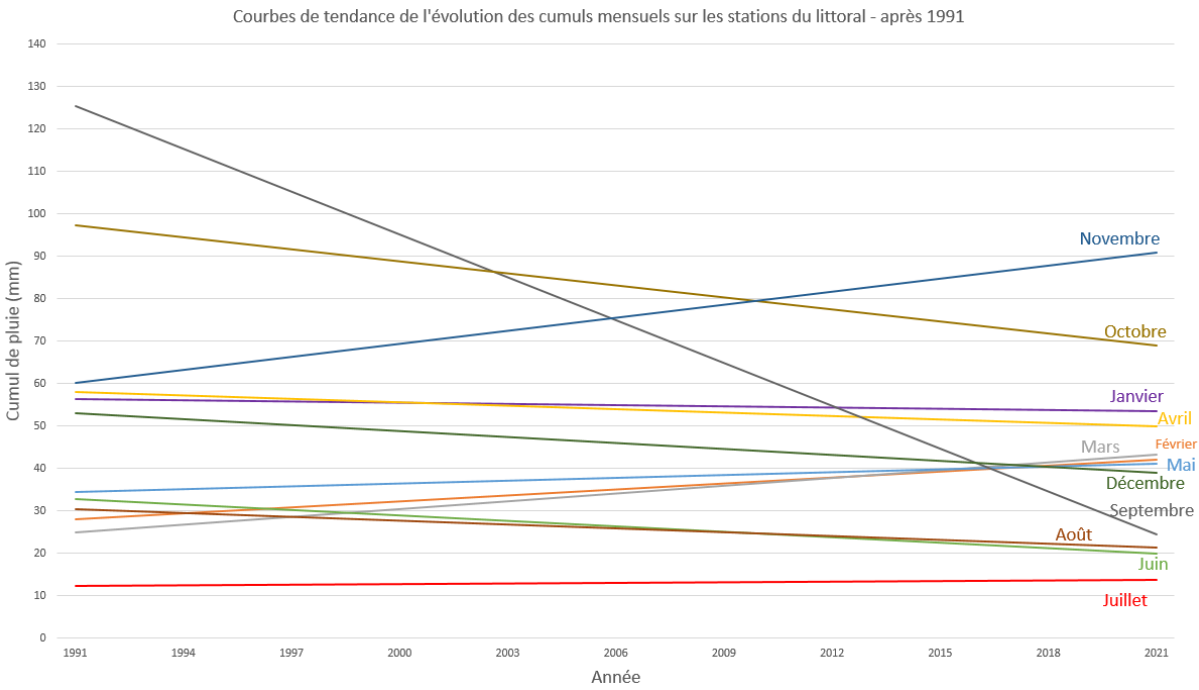


Figure 100 : Evolution des cumuls mensuels pour les trois stations du littoral (sud du Grand Delta)

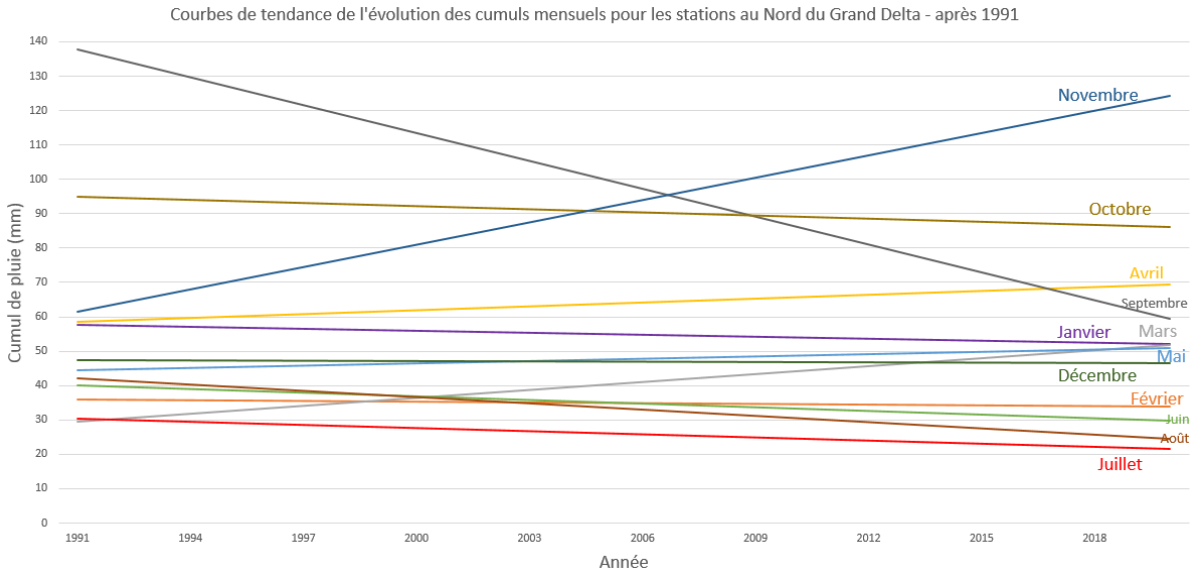


Figure 101 : Evolution des cumuls mensuels pour les stations au Nord du Grand Delta

Tous pluviomètres confondus, on observe, sur la période 1991-2020, une hausse de la pluviométrie importante au mois de novembre, et dans une moindre mesure au mois de mars.

A l'inverse, la baisse de la pluviométrie est forte au mois de septembre.

Spécifiquement sur la frange littorale du Grand Delta, la pluviométrie augmente également fortement au mois de février, et baisse fortement en octobre.

Les tendances des autres mois sont relativement stables. On notera que le mois d'avril devient légèrement plus sec sur la frange littorale, alors qu'on y recense une augmentation des pluies sur le nord du Grand Delta.

Le mois de septembre qui avait tendance à être le plus pluvieux dans les années 90 a tendance à présenter des cumuls pluviométriques bien moins importants que ceux de novembre, qui ont tendance à être les plus importants lors des dernières années. On peut donc relever une évolution de la répartition annuelle de la pluviométrie, avec des étés peu pluvieux qui sont de plus en plus longs et qui engendrent un décalage des épisodes pluvieux d'automne arrivant de plus en plus tard. Cette observation corrobore avec l'observation faite par le GRAIE sur le débit du Rhône sur des périodes d'étiage post-estivales qui s'allongent.

Spécifiquement sur la frange littorale, les épisodes pluvieux du printemps (historiquement avec un pic en avril) ont tendance à avancer dans l'année (augmentation des cumuls en février et mars, baisse en avril), ce qui pourrait entrainer à l'avenir des périodes peu pluvieuses de plus en plus longues (commençant plus tôt dans l'année, et terminant plus tard). Ce phénomène est plus marqué pour les stations du littoral que pour les stations voisines. Cette observation corrobore avec l'observation faite par le GRAIE sur l'élévation précoce des températures printanières.

7.5 CONCLUSION DU VOLET « ANALYSE DES DONNEES MESUREES »

Le marégraphe de la Fourcade montre un taux d'élévation du niveau marin cohérent avec le taux mondial observé sur la période 2006-2018, soit 3,7 mm/an. En 20 ans environ, le niveau est monté de 7 cm. Le taux d'élévation au Grau de la Dent est plus élevé.

On observe diminution du débit moyen annuel (module) du Rhône à la station Beaucaire-Tarascon de l'ordre de 30 % en 50 ans. Les projections d'évolution prévoient une poursuite de cette tendance à la diminution du module du Rhône (- 5 % tous les 10 ans selon le GRAIE). En particulier, la sévérité des étiages (débit des basses eaux) va s'accentuer et la période d'étiage post-estivale va s'allonger. En revanche, l'évolution des débits des crues du Rhône ne fait pas consensus, certaines études prévoyant une baisse, d'autres prévoyant une augmentation dans les années à venir. Il n'est donc pas possible de conclure sur ce point en l'état actuel des connaissances. En effet les crues extrêmes dépendent fortement des projections des précipitations extrêmes qui à ce jour sont très incertaines.

Les stations de Arles et Aigues-Mortes observent une baisse continue de la pluviométrie annuelle ces 30 dernières années. Il n'est pas possible de dégager des tendances pour les 3 autres stations étudiées (Tarascon, Saintes-Maries-de-la-Mer et Nîmes-Garons).

On observe en revanche une évolution de la répartition annuelle de la pluviométrie, avec des étés peu pluvieux qui sont de plus en plus longs et qui engendrent un décalage des épisodes pluvieux d'automne arrivant de plus en plus tard. Spécifiquement sur le littoral (partie Sud du Delta du Rhône), les épisodes pluvieux du printemps (historiquement avec un pic en avril) ont tendance à avancer dans l'année (augmentation des cumuls en février et mars, baisse en avril), ce qui pourrait entrainer à l'avenir des périodes peu pluvieuses de plus en plus longues (commençant plus tôt dans l'année, et terminant plus tard). Ce phénomène est plus marqué pour les stations proches du littoral que pour les stations voisines.

L'écart moyen entre le niveau marin moyen et le niveau des étangs s'accentue d'année en année pour atteindre environ 20 cm aujourd'hui (avec un niveau marin supérieur au niveau des étangs impériaux mesurés à la Fourcade). Le niveau des étangs impériaux a baissé de 10 cm en moyenne en 20 environ. La baisse de la pluviométrie et l'élévation du niveau marin ne devraient qu'accentuer ce phénomène dans les années à venir.

8 CONCLUSION

Le niveau marin moyen mondial a augmenté de 0,20 [0,15 à 0,25] m entre 1901 et 2018. Les projections d'élévation du niveau marin moyen mondial par rapport à une base de référence [1995-2014] sont les suivantes, en fonction du scénario d'émission de CO2 - pessimiste ou optimiste - retenu :

- + 9 à + 10 cm en 2030 ;
- +18 à +23 cm en 2050 ;
- +38 à +77 cm en 2100.

Concernant le Grand Delta du Rhône, en 20 ans environ, le niveau marin est monté de 7 cm au pertuis de la Fourcade, le taux d'élévation de 3,7 mm/an y est cohérent avec le taux mondial sur la période 2006-2018. Le taux d'élévation au Grau de la Dent est plus élevé (4,3 mm/an) sur la période 1986-2015.

On observe une diminution du débit moyen annuel du Rhône à la station de Beaucaire-Tarascon de l'ordre de 30 % en 50 ans. Les projections d'évolution prévoient une poursuite de cette tendance à la diminution du module du Rhône (-5 % tous les 10 ans). En particulier, la sévérité des étiages (débit des basses eaux) va s'accentuer. En revanche, l'évolution des débits des crues du Rhône ne fait pas consensus. En effet les crues extrêmes dépendent fortement des projections des précipitations extrêmes, qui à ce jour sont très incertaines. Il n'est donc pas possible de conclure sur ce point en l'état actuel des connaissances. L'étude actualisant l'hydrologie du Rhône menée par la DREAL AURA en 2018 sur la période 1816-2016 n'a pas montré de tendance vers une modification éventuelle de l'occurrence des crues. On peut ainsi avoir un débit maximal annuel de 11500 m^3/s, de période de retour d'environ 100 ans, comme en décembre 2003, et un débit moyen annuel faible de 1300 m^3/s comme en 2003. A contrario, on peut avoir un module important de l'ordre de 2100 m^3/s, comme en 2013, et un débit maximal annuel inférieur à 7000 m^3/s (période de retour d'environ 3 ans).

Les stations de Arles et Aigues-Mortes observent une baisse continue de la pluviométrie annuelle ces 30 dernières années. Il n'est pas possible de dégager des tendances pour les 3 autres stations étudiées (Tarascon, Saintes-Maries-de-la-Mer et Nîmes-Garons).

Par ailleurs, les épisodes pluvieux du printemps ont tendance à avancer dans l'année, ce qui pourrait entrainer à l'avenir des périodes peu pluvieuses de plus en plus longues (commençant plus tôt dans l'année, et terminant plus tard).

L'écart moyen entre le niveau marin moyen et le niveau des étangs s'accentue d'année en année pour atteindre environ 20 cm aujourd'hui (avec un niveau marin supérieur au niveau des étangs impériaux mesurés à la Fourcade). Le niveau des étangs impériaux a baissé de 10 cm en moyenne en 20 ans environ. La baisse de la pluviométrie et l'élévation du niveau marin ne devraient qu'accentuer ce phénomène dans les années à venir.

Le nombre d'enjeux concerné par le risque de submersion marine est nettement supérieur à celui concerné par le risque d'érosion côtière sur le territoire du Grand Delta du Rhône. En effet, on retiendra les chiffres suivants pour l'exposition au risque de submersion marine (tempête millénale avec + 60 cm d'élévation du niveau marin et ennoiement des terres basses à 0,6 m NGF) :

- Environ 32 000 individus et 16 000 logements ;
- Environ 6000 établissements d'activités économiques et 9000 emplois ;
- Environ 57 000 ha d'activités agricoles.

Pour une tempête assimilée à la tempête vingtennale à l'horizon 2100, en considérant une projection d'élévation moyenne du niveau marin, environ 3 000 individus sont exposés.

Concernant le risque d'érosion côtière, sont exposés au maximum à horizon 2100 : 400 individus et 500 logements ; environ 80 établissements d'activités économiques et 90 emplois et environ 450 ha d'activités agricoles.

Le calcul du montant du Dommage moyen annuel – en millions d'euros - lié à la submersion marine correspond à la moyenne du dommage pondérée par les probabilités d'apparition annuelle de chaque tempête a montré que dans un premier temps les dommages seront essentiellement agricoles et auront une évolution linéires dans le temps. Puis à partir de 2050, l'évolution des dommages est exponentielle. A partir de 2070, le dommage aux logements et entreprises devient supérieur au dommage agricole.

En effet, de dommage moyen lié à la submersion marine présente la particularité d'augmenter dans le temps : en 2100 le dommage moyen annuel sera plus élevé qu'aujourd'hui puisque l'élévation du niveau marin a pour conséquence de rendre plus fréquente l'occurrence d'apparition des niveaux extrêmes, à l'origine des submersions marine. Le dommage moyen annuel est estimé aujourd'hui de 3,3 millions d'euros, il sera estimé à 6,1 millions d'euros en 2050 et sera compris entre 13 et 30 millions d'euros 2100, en fonction du taux d'émission de CO2 (en lien direct avec l'élévation du niveau marin).

A titre de comparaison, le dommage moyen annuel lié à l'inondation par le Rhône sur le Delta est de 8,6 millions d'euros (fin 2022, après la fin des travaux de sécurisation du Site Industrialo Portuaire de Beaucaire et du Site Industrialo Fluvial de Tarascon) et sera de 3,4 millions d'euros après la réalisation des travaux de confortement des digues du Petit Rhône et du Grand Rhône aval. Il était de 22 millions d'euros en 2007, avant le démarrage du programme de sécurisation des digues du delta du Rhône.

Ainsi, l'aléa inondation fluvial est aujourd'hui prépondérant sur l'aléa submersion marine. En 2030, les deux aléas seront au même niveau (dommage moyen annuel de 3,4 M€ sur le fleuve et 3,9 M€ pour la mer. Puis, sans programme d'aménagement sur le littoral, cette tendance va s'inverser dans les années à venir, et la submersion marine deviendra plus couteuse que l'inondation par le Rhône pour le territoire.

L'analyse de la répartition de la part de dommage moyen annuel (DMA) en centre urbain et autres zones urbanisées montre qu'elle est aujourd'hui relativement faible (17 % du DMA total, soit environ 0,6 M €). Sans aménagement sur le littoral, cette part augmentera avec les années pour atteindre 38 à 63 % du DMA, pour un montant compris entre 4,8 et 18,7 millions d'euros, soit 10 à 30 fois plus qu'aujourd'hui.

Une part importante du linéaire côtier est équipé d'ouvrages . Le seul ouvrage situé en retrait par rapport au rivage (hors ouvrage de second rang) – au moins sur une partie de son linéaire - est la digue à la mer, en Camargue insulaire. Son état est plutôt bon, sauf entre le Clos d'Esclaux

et le Vieux Rhône (chemin d'accès à Beauduc), c'est-à-dire dans l'environnement proche de Salin-de-Giraud, où elle présente un état très dégradé, associé à un calage altimétrique bas. Sur ce tronçon, on constate la quasi-absence d'ouvrage de protection. Sur ce même secteur, les ouvrages du front de mer sont en mauvais état (digue de Véran détruite, ouvertures naturelles de graus).
Ailleurs, lorsqu'il n'y a pas d'ouvrages, ce sont les dunes, plages ou autres éléments topographiques qui constitue la ligne de protection contre la submersion et l'élévation du niveau de la mer. Cette ligne présente des points bas situés parfois à proximité immédiate des enjeux urbanisés : deux points bas sont relevés au niveau du centre-ville du Grau-du-Roi (sur les 300 derniers mètres de la plage Rive Droite, ainsi qu'au niveau d'un immeuble de logement (La résidence de la Mer) et un à proximité immédiate du centre-ville des Saintes-Maries-de-la-Mer, au niveau de la promenade de Port Gardian.

L'état et la hauteur des dunes sont hétérogènes sur le territoire. Sur la commune du Grau-du-Roi, elles sont relativement hautes et en bon état. Le long de la Plage Napoléon, à l'est du parking les dunes sont parfois très dégradées, ce qui fragilise la pérennité du They, élément de protection naturel contre la submersion de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône, et du Golfe de Fos.

Des ouvrages de type épis, brises lames, tenons ou enrochements frontaux sont présents sur le rivage sur environ 50 % du linéaire. Leur état est très hétérogène, certains ouvrages sont totalement détruits, alors que d'autres sont en bon état, du fait d'un entretien régulier et/ou de sollicitations marines moins fortes. Les ouvrages en meilleur état ne sont pas forcément ceux à proximité immédiate des enjeux urbanisés. Cette hétérogénéité de l'état des ouvrages est à mettre en lien avec le nombre important de gestionnaires, ce qui ne facilite pas une approche globale de gestion à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire.

Le linéaire en érosion, c'est-à-dire là où le trait de côte recule, représente 76 % du linéaire total du périmètre de la stratégie littorale. Les secteurs, où les reculs sont les plus rapides, sont les Baronnets sur la commune du Grau-du-Roi, la Plage Est des Saintes Maries de la Mer à proximité de zones à enjeux et le secteur de la digue de Véran et de l'étang de Beauduc, à Arles relativement éloignés des zones à enjeux.

Sur environ 50 % du linéaire, des enrochements, construits majoritairement à partir de la fin des années 1970 sont présents. Ils ont été inefficaces ou peu efficaces pour fixer le rivage ; c'est-à-dire que sans eux le trait de côte serait aujourd'hui situé globalement au même endroit, ou même moins en recul que sa position actuelle. Sont concernés une partie des épis Gardois de la Capelude jusqu'au Baronnets, la quasi-totalité du site des Salins du Midi d'Aigues Mortes, la digue à la mer au-delà du pertuis de la Fourcade et le secteur de la digue de Véran.

Sur les 50 % restant, les enrochements ont été efficaces pour fixer le rivage ; cela correspond en particulier au littoral des Saintes Maries de la Mer, à la majeure partie du littoral de Faraman (site des Salins du Midi), au Grand Radeau, et à l'embouchure du Rhône vif (canal de Peccais). Sans eux, le trait de côte serait situé plus de 35 m, et parfois bien plus, en recul de sa position actuelle. Sur ces secteurs où les enrochements ont été efficaces, des reculs de plage sont toutefois observés, ils sont de l'ordre de 30 à 70 m en 25 ans. Ce comportement traduit le phénomène d'érosion sous-marine et de pertes sédimentaires dans ces secteurs.

La cellule hydrosédimentaire du Grand Delta du Rhône est en déficit sédimentaire depuis les années 80. Cela est dû à une diminution lente et continue des gains sédimentaires aux embouchures ainsi qu'au niveau des flèches de l'Espiguette, de Beauduc et de la Gracieuse, du fait des pertes sédimentaires vers le large. Cette diminution des gains aux embouchures est liée à la réduction du nombre de crues depuis la fin du Petit Age Glaciaire, à la revégétalisation du bassin versant et à la construction de barrages

Par ailleurs l'érosion sous-marine augmente et s'accélère, en particulier devant les Saintes-Maries-de-la-Mer, sur le littoral de Faraman et la Plage Napoléon. Les valeurs des pertes sédimentaires passent de 2,8 à 8,5 millions de m^3/an environ en 150 ans.

Les zones côtières seront impactées par l'élévation du niveau marin moyen qui entrainera, sans intervention humaine, un ennoiement permanent de certaines zones. A ce phénomène, s'ajoutera l'augmentation de la fréquence d'atteinte de niveaux extrêmes. En effet, comme le niveau marin moyen sera plus élevé, la surcote liée à un évènement météorologique donné, entrainera un niveau de tempête plus haut qu'aujourd'hui.

Les occurrences des tempêtes vont être modifiées. On retiendra les modifications d'occurrence suivantes : une tempête aujourd'hui centennale aura une occurrence de l'ordre de 65/70 ans en 2030, 30/35 ans en 2050 et 5/10 ans en 2100.

En conclusion, les points les plus problématiques sur le littoral étudié sont indiqués ci-dessous, d'ouest en est :

- L'extrémité ouest de la plage du Boucanet et quelques points bas sur la ligne de protection en front de mer au Grau du Roi. Sur ce secteur le rivage est en recul mais avec une vitesse modérée (entre – 2,5 m/an et 0,05 m/an). Le bilan sédimentaire y est négatif, mais avec des valeurs faibles de l'ordre de – 10 000 m^3/an/km.

- L'apport de sable massif qui contourne la digue d'arrêt de l'Espiguette et pose des problèmes d'usage, ensablement de l'entrée de Port Camargue notamment ;

- Les Baronnets. Recul du trait de côte avec des vitesses très importantes (entre - 7,5 et - 15 m/an), aggravé par sa position en aval dérive du dernier ouvrage de protection. Un stockage stratégique d'hydrocarbures militaire est situé dans la zone concernée par le recul du trait de côte ;

- Le centre-ville des Saintes-Maries-de-la-Mer : ce secteur combine la problématique du recul du trait de côte, la présence de points bas sur la ligne de protection à proximité immédiate des enjeux urbanisés, l'approfondissement des fonds du fait du bilan sédimentaire négatif sur ce secteur, à hauteur de – 120 000 m^3/an/km. Ces phénomènes combinés à l'élévation du niveau marin vont entrainer une augmentation de la sollicitation des épis et des brises lames, dont certains sont déjà en mauvais état aujourd'hui ;

- La plage Est des Saintes Maries de la mer, à proximité immédiate du village, qui subit un recul du trait de côte important (entre -5 et – 7,5 m/an), aggravé par sa position en aval dérive du dernier ouvrage de protection ;

- La digue à la mer entre le Clos d'Esclaux et le Vieux Rhône Digue de Véran. Son état est mauvais, et son calage altimétrique est bas, voire très bas sur certaines portions. Ce tronçon de la digue à la mer permet de réduire les risques de débordement vers le village de Salin-de-Giraud. Dans ce même secteur, les ouvrages en front de mer sont partiellement détruits, et les pertes sédimentaires sont importantes (- 110 000 m^3/an/km).

- La plage Napoléon, entre le parking et la flèche de la Gracieuse, présente une érosion très marquée. Le recul y est modéré (entre -0,5 et -2,5 m/an) mais les pertes sédimentaires y sont considérables (- 400 000 m3/an/km). Les Theys dans ce secteur constitue une protection naturelle de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône contre la submersion marine.

Notons que deux secteurs nécessiteraient une analyse plus approfondie, et des données complémentaires, pour pouvoir conclure sur une éventuelle problématique :

- L'état de la digue à la mer sur les terrains des Salins du Midi à Salin de Giraud et son calage altimétrique. Seuls les ouvrages en front de mer ont été parcouru dans le cadre de ce diagnostic ;
- L'anse de Carteau sur la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône.

Notons également les points positifs suivants :

- Trois gisements de sable conséquents sont disponibles sur le périmètre étudié : l'Espiguette, Beauduc et la flèche de la Gracieuse ;

- Il existe sur une partie du linéaire des dunes relativement hautes et en bon état, parfois situées en recul de larges plages ;

- La digue à la mer, lorsqu'elle est éloignée du rivage est en bon état, au moins sur une partie de son linéaire, et confère une protection adaptée contre la submersion marine.

Les prévisions du GIEC montrent que, quel que soit le scénario d'émission de CO2 retenu, l'élévation du niveau de la mer reste relativement modérée jusqu'en 2050. A partir de cette date, l'élévation est plus rapide, et dépend fortement du scénario d'émission retenu. Les trente années à venir, et les choix et aménagements qui seront faits pendant cette période, seront donc décisifs.

9 BIBLIOGRAPHIE

[L001]
Sabatier, F., Plaine, J. et Kulling, B. (2017), Une approche scientifique pour une connaissance des risques littoraux en Camargue.

[L002]

Paris F., Stépanian A., Pedreros R., Bulteau T., et Lecacheux S. (2015) – Modélisation de la submersion marine en Camargue – Phase 1. Rapport final. BRGM/RP-65241-FR

Paris F., Stépanian A., Pedreros R., Bulteau T., et Lecacheux S. (2017) – Modélisation de la submersion marine en Camargue – Rapport final. BRGM/RP-66804-FR

[L003]
Elineau S., Pedreros R., Paris F., Stépanian A., Bulteau T. (2019) – Modélisation de la submersion marine en Camargue – Simulations complémentaires pour le SYMADREM – Rapport final. BRGM/RP-68619-FR

[L005]
CASAGEC Ingénierie, Région Occitanie, DREAL Occitanie (2020) – Etude pour la gestion des sédiments du littoral d'Occitanie – Rapport Cl-19027-B

[L006]
SOGREAH, BRGM (2011), Actualisation de l'aléa érosion en Languedoc-Roussillon – Rapport final N1713060

[L007]
Sabatier, F. 2001. Fonctionnement hydrosédimentaire du littoral du delta du Rhône, Université Paul Cézanne, Marseille, 282 p.

[L008]
Samat, O. 2007. Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du Delta du Rhône, Université Aix-Marseille I

[L009]
DREAL Occitanie. 2018. Stratégie Régionale de Gestion Intégrée du Trait de Côte.

[L102]
CASAGEC ingénierie, SIVOM des communes littorales de la Baie d'Aigues Mortes (2019), Etude d'accompagnement de la stratégie locale de gestion de la bande côtière du Boucanet – Rapport Cl-17101-rev02

[L200]
DGPR Service des Risques Naturels et Hydraulique (2014) - Guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Littoraux »

[L201]
Alain Coulomb, « Le marégraphe de Marseille : mesure, patrimoine, climat », e-Phaïstos [En ligne], IX-1 | 2021, mis en ligne le 27 avril 2021, consulté le 16 septembre 2021. URL : http://journals.openedition.org/ephaistos/8716 ; DOI : https://doi.org/10.4000/ephaistos.8716

[L202]
Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (2016) – Développer la connaissance et l'observation du trait de côte – Contribution nationale pour une gestion intégrée

[L203]
Aube D., 2016. Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse - Bilan actualise des connaissances –. Collection ≪ eau & connaissance ≫. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 114 pages.

[L300] – IPCC – AR5:

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer].GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

[L302] – IPCC – SROCC:

IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

[L303] – IPCC – AR6:

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis.Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

[L304]
CITEPA Centre technique de référence en matière de pollution atmosphérique et de changement climatique (2021) – Synthèse du résumé à l'intention des décideurs de l'AR6 du GIEC – 2021_09_d01

[L305]
I4CE Institut de l'économie pour le climat – 2021 – « D'où viennent les cinq nouveaux scénarios du GIEC ? ». https://www.i4ce.org/dou-viennent-les-cinq-nouveaux-scenarios-du-giec-climat/

10 ANNEXE

10.1 ANNEXE 1 : RECENSEMENT DES ENJEUX CONCERNES PAR LE RISQUE DE SUBMERSION MARINE

Les enjeux sont recensés par commune et par zones protégées (Rive droite, Rive gauche et Camargue insulaire).

Sont recensés successivement :
- La population et les logements ;
- Les établissements d'activités économiques et les emplois ;
- Les activités agricoles ;
- Les établissements publics.

10.1.1 Population et logements

CAMARGUE INSULAIRE

Communes	Zonage PPRI	Nombre ménages	Nombre individus	Individus vulnérables <18 ans & > 65 ans	Nombre individus Plain-pied	Densité population (nb/km²)	Nombre bâtiments de logements	Nombre bâtiments de logements plain-pied
Arles	Centres villageois et centres urbains (CU)	940	2 042	859	386		1 155	389
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0	0	0		0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	77	166	53	68		326	199
	Total	**1 017**	**2 208**	**912**	**454**	**0**	**1 481**	**588**
Saintes-Maries-de-la-Mer	Centres villageois et centres urbains (CU)	720	1 357	534	251		1 213	358
	Autres zones urbanisées (AZU)	443	886	367	208		664	277
	Zones non urbanisées ou ZEC	237	527	191	264		877	585
	Total	**1 400**	**2 769**	**1 092**	**723**	**0**	**2 754**	**1 220**

RIVE GAUCHE

Communes	Zonage PPRI	Nombre ménages	Nombre individus	Individus vulnérables <18 ans & > 65 ans	Nombre individus Plain-pied	Densité population (nb/km²)	Nombre bâtiments de logements	Nombre bâtiments de logements plain-pied
Arles	Centres villageois et centres urbains (CU)	4	7	3	0		5	0
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	5	12	4	8		55	36
	Total	**9**	**19**	**7**	**8**	**0**	**60**	**36**
Fontvieille	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	1	0
	Total	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**
Maussane-les-Alpilles	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	2	1
	Total	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**1**
Mouriès	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC							
	Total	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Paradou	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	1	0	1	0	9	9
	Total	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**9**	**9**
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Centres villageois et centres urbains (CU)	2 432	5 210	2 132	511		1 373	352
	Autres zones urbanisées (AZU)	930	2 226	931	320		719	252
	Zones non urbanisées ou ZEC	19	46	14	13		103	81
	Total	**3 381**	**7 482**	**3 077**	**844**	**0**	**2 195**	**685**

RIVE DROITE

Communes	Zonage PPRI	Nombre ménages	Nombre individus	Individus vulnérables <18 ans & > 65 ans	Nombre individus Plain-pied	Densité population (nb/km²)	Nombre bâtiments de logements	Nombre bâtiments de logements plain-pied
Aigues-Mortes	Centres villageois et centres urbains (CU)	940	1 718	741	13		1 125	21
	Autres zones urbanisées (AZU)	2 781	6 607	2 604	1 139		3 004	725
	Zones non urbanisées ou ZEC	150	367	124	147		443	266
	Total	**3 870**	**8 692**	**3 469**	**1 299**	**0**	**4 572**	**1 012**
Aimargues	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	10	22	8	1		24	10
	Total	**10**	**22**	**8**	**1**	**0**	**24**	**10**
Beauvoisin	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	1	1	0	1		2	2
	Total	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**2**	**2**
Bellegarde	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	1	2	1	2		12	10
	Total	**1**	**2**	**1**	**2**	**0**	**12**	**10**
Le Cailar	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)	3	6	3	0		3	1
	Zones non urbanisées ou ZEC	18	42	13	18		84	47
	Total	**21**	**48**	**16**	**18**	**0**	**87**	**48**
Le Grau-du-Roi	Centres villageois et centres urbains (CU)	711	1 242	578	26		768	40
	Autres zones urbanisées (AZU)	4 435	8 001	3 833	564		2 825	441
	Zones non urbanisées ou ZEC	99	223	79	39		150	62
	Total	**5 244**	**9 466**	**4 490**	**629**	**0**	**3 743**	**543**
Saintes-Maries-de-la-Mer (Camargue Saintoise)	Centres villageois et centres urbains (CU)	5	10	3	5		18	9
	Autres zones urbanisées (AZU)							
	Zones non urbanisées ou ZEC	10	21	7	3		57	21
	Total	**15**	**31**	**10**	**8**	**0**	**75**	**30**
Saint-Gilles	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)	3	8	3	0		3	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	5	13	5	4		44	28
	Total	**8**	**21**	**8**	**4**	**0**	**47**	**28**
Saint-Laurent-d'Aigouze	Centres villageois et centres urbains (CU)	1	3	1	3		3	2
	Autres zones urbanisées (AZU)	185	462	164	228		226	129
	Zones non urbanisées ou ZEC	206	504	167	157		541	255
	Total	**392**	**969**	**332**	**388**	**0**	**770**	**386**
Vauvert	Centres villageois et centres urbains (CU)							
	Autres zones urbanisées (AZU)	32	71	19	28		40	21
	Zones non urbanisées ou ZEC	99	244	78	52		226	74
	Total	**131**	**316**	**97**	**80**	**0**	**266**	**95**

10.1.2 Etablissements d'activités économiques et emplois

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) situés dans la zone protégée									
		TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€				Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
		Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nom de ou des établissement(s)	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Arles	Centres villageois et centres urbains (CU)	79	237	2	M2I Salin et Imerys PCC France	152	17 774	77	85		
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0	0	-	0	0	0	0		
	Zones non urbanisées ou ZEC	20	36	1	Campus Provence	16	117	19	21		
	Total Arles	**99**	**273**	**3**	**0**	**167**	**17 891**	**96**	**106**	**0**	**0**
Saintes-Maries-de-la-Mer	Centres villageois et centres urbains (CU)	238	256					238	256		
	Autres zones urbanisées (AZU)	112	117					112	117		
	Zones non urbanisées ou ZEC	66	69					66	69		
	Total Saintes-Maries-de-la-Mer	**416**	**442**					**416**	**442**	**0**	**0**
TOTAL CI		**515**	**714**	**3**	**0**	**167**	**17 891**	**512**	**547**	**0**	**0**

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) situés dans la zone protégée									
		TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€				Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
		Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nom de ou des établissement(s)	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Aigues-Mortes	Centres villageois et centres urbains (CU)	555	899					146	149	409	750
	Autres zones urbanisées (AZU)	970	1 573					329	341	641	1 231
	Zones non urbanisées ou ZEC	111	107					39	29	72	79
	Total Aigues-Mortes	**1 636**	**2 579**					**514**	**519**	**1 122**	**2 060**
Aimargues	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	7	7					7	7		
	Total Aimargues	**7**	**7**					**7**	**7**	**0**	**0**
Beauvoisin	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0								
	Total Beauvoisin	**0**	**0**								
Bellegarde	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	7	11					5	5	2	6
	Total Bellegarde	**7**	**11**					**5**	**5**	**2**	**6**
Le Cailar	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	32	39					16	13	16	27
	Total Le Cailar	**32**	**39**					**16**	**13**	**16**	**27**
	Centres villageois et centres urbains (CU)	575	813	0	-	0	0	155	172	420	641

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) situés dans la zone protégée									
		TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€				Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
		Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nom de ou des établissement(s)	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Le Grau-du-Roi	Autres zones urbanisées (AZU)	1 883	2 904	1	Hotel et bains du CAP CHABIAN	77	1 074	726	755	1 156	2 072
	Zones non urbanisées ou ZEC	324	349	0	-	0	0	209	187	115	162
	Total Le Grau-du-Roi	**2 782**	**4 066**	**1**	**0**	**77**	**1 074**	**1 090**	**1 114**	**1 691**	**2 875**
Saintes-Maries-de-la-Mer (Camargue Saintoise)	Centres villageois et centres urbains (CU)	1	1					1	1	0	0
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0					0	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	12	29					7	9	5	21
	Total Saintes-Maries-de-la-Mer (Camargue Saintoise)	13	30					8	10	5	21
Saint-Gilles	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0					0	0	0	0
	Autres zones urbanisées (AZU)	3	3					1	1	2	2
	Zones non urbanisées ou ZEC	18	21					8	8	10	13
	Total Saint-Gilles	**21**	**24**					**9**	**9**	**12**	**15**
Saint-Laurent-d'Aigouze	Centres villageois et centres urbains (CU)	1	1							1	1
	Autres zones urbanisées (AZU)	119	190					39	39	80	151
	Zones non urbanisées ou ZEC	95	116					42	40	53	75
	Total Saint-Laurent-d'Aigouze	**215**	**306**					**81**	**79**	**134**	**227**
Vauvert	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	68	78					33	35	35	43
	Total Vauvert	**68**	**78**					**33**	**35**	**35**	**43**
TOTAL RIVE DROITE		**4 781**	**7 141**	**1**	**0**	**77**	**1 074**	**1 763**	**1 791**	**3 017**	**5 273**

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) situés dans la zone protégée									
		TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€				Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
		Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nom de ou des établissement(s)	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Arles	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	57	65					33	35	24	30
	Total Arles	**57**	**65**					**33**	**35**	**24**	**30**
Fontvieille	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0								
	Total Fontvieille	**0**	**0**								
Maussane-les-Alpilles	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0								
	Total Maussane-les-Alpilles	**0**	**0**								
Mouriès	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0								
	Total Maussane-les-Alpilles	0	0								
Paradou	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0								
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0								
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0								
	Total Paradou	**0**	**0**								
	Centres villageois et centres urbains (CU)	401	789	0	-	0	0	85	87	316	702

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) situés dans la zone protégée									
		TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€				Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
		Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nom de ou des établissement(s)	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Autres zones urbanisées (AZU)	126	297	2	GEODIS Logistics Rhône-Alpes et Tempo Log	9	99 252	43	45	81	243
	Zones non urbanisées ou ZEC	8	27	0	-	0	0	2	2	6	25
	Total Port-Saint-Louis-du-Rhône	**535**	**1 113**	**2**	**0**	**9**	**99 252**	**130**	**133**	**403**	**971**
TOTAL RIVE GAUCHE		**592**	**1 177**	**2**	**0**	**9**	**99 252**	**163**	**168**	**427**	**1 001**

10.1.3 Activités agricoles

Communes / Zones non urbanisées ou ZEC	Indicateurs M3 - Activités agricoles								
	Surface parcellaire totale (ha)	Surface parcellaire par type de culture (ha)							
		Arboriculture	Cultures légumières & maraîchères	Cultures sous serres & abris	Friches	Grandes cultures	Prairies	Riz	Vignes
Beaucaire	**657,5**	0,0	62,7	0,0	160,4	24,7	189,7	220,0	0,0
Bellegarde	**504,4**	5,9	14,5	0,0	2,9	37,3	409,0	9,9	24,8
Fourques	**729,8**	0,0	4,7	0,0	0,1	64,9	592,2	67,9	0,0
TOTAL Plaine de Beaucaire	**1 891,7**	**5,9**	**81,9**	**0,0**	**163,3**	**126,9**	**1 190,9**	**297,8**	**24,8**
Aigues-Mortes	**832,0**	0,0	54,2	0,0	33,9	0,5	278,6	0,0	464,8
Aimargues	**301,1**	0,0	11,5	0,0	0,0	19,8	196,6	0,0	73,1
Beauvoisin	**92,1**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,0	0,0	3,1
Le Cailar	**984,9**	0,0	0,0	0,0	0,2	200,3	699,4	72,8	12,3
Le Grau-du-Roi	**1 717,6**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 264,7	0,0	452,9
Saintes-Maries-de-la-Mer	**3 547,7**	13,6	188,1		53,9	18,4	3 033,5	206,8	33,3
Saint-Gilles	**4 671,4**	25,6	209,2	1,8	73,9	731,5	1 768,0	1 787,4	74,2
Saint-Laurent-d'Aigouze	**3 398,6**	19,0	222,3	8,8	23,7	540,1	1 879,4	110,0	595,3
Vauvert	**4 032,6**	19,8	177,9		29,9	473,4	2 025,3	446,0	860,4
TOTAL Camargue Gardoise	**19 577,8**	**78,0**	**863,2**	**10,6**	**215,4**	**1 983,9**	**11 234,5**	**2 623,0**	**2 569,3**
TOTAL RIVE DROITE	**21 469,5**	**83,9**	**945,1**	**10,6**	**378,8**	**2 110,8**	**12 425,4**	**2 920,8**	**2 594,1**

Communes	Indicateurs M3 - Activités agricoles								
	Surface parcellaire située dans la zone protégée (ha)	Surface parcellaire située dans la zone protégée, par type de culture (ha)							
		Arboriculture	Cultures légumières & maraîchères	Cultures sous serres & abris	Friches	Grandes cultures	Prairies	Riz	Vignes
Arles	**17 748,9**	0,7	528,3	0,0	393,4	2 076,3	10 137,2	4 613,0	0,0
Saintes-Maries-de-la-Mer	**8 163,4**	0,0	178,9	0,0	76,8	508,0	6 487,1	883,6	29,0
TOTAL CAMARGUE INSULAIRE	**25 912,3**	**0,7**	**707,2**	**0,0**	**470,2**	**2 584,2**	**16 624,2**	**5 496,7**	**29,0**

Communes	Indicateurs M3 - Activités agricoles								
	Surface parcellaire située dans la zone protégée (ha)	Surface parcellaire située dans la zone protégée, par type de culture (ha)							
		Arboriculture	Cultures légumières & maraîchères	Cultures sous serres & abris	Friches	Grandes cultures	Prairies	Riz	Vignes
Arles	**5 760,3**	1,0	66,0	148,5	649,5	3 564,7	1 296,7	16,9	16,9
Fontvieille	**261,5**	0,0	0,0	0,0	74,8	74,2	112,5	0,0	0,0
Maussane-les-Alpilles	**445,3**	0,0	0,0	0,0	151,5	293,8	0,0	0,0	0,0
Mouriès	**167,3**	0,0	0,0	0,0	17,5	149,8	0,0	0,0	0,0
Paradou	**483,5**	0,0	0,0	12,6	253,0	217,9	0,0	0,0	0,0
Port-Saint-Louis-du-Rhône	**2 790,5**	0,0	0,0	28,6	155,2	1 411,7	1 195,0	0,0	0,0
TOTAL RIVE GAUCHE	**9 908,4**	**1,0**	**66,0**	**189,7**	**1 301,4**	**5 712,3**	**2 604,1**	**16,9**	**16,9**

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Indicateurs M4 - Etablissements publics							
		Nb. Total d'établissements situés dans la ZP	Nombre d'établissements par type d'établissements publics						
			Centres techniques municipaux	Etablissements d'incendie et de secours	Etablissements de santé	Etablissements scolaires	Gendarmeries & commissariats de police	Hébergements	Mairies & centres administratifs
Arles	Centres villageois et centres urbains (CU)	13	4	1	1	3	1	0	3
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Arles	**13**	**4**	**1**	**1**	**3**	**1**	**0**	**3**
Saintes-Maries-de-la-Mer	Centres villageois et centres urbains (CU)	7	3	0	0	2	1	0	1
	Autres zones urbanisées (AZU)	1	0	1	0	0	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Saintes-Maries-de-la-Mer	**8**	**3**	**1**	**0**	**2**	**1**	**0**	**1**
TOTAL CAMARGUE INSULAIRE		**21**	**14**	**4**	**2**	**10**	**4**	**0**	**8**

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Indicateurs M4 - Etablissements publics							
		Nb. Total d'établissements situés dans la ZP	Nombre d'établissements par type d'établissements publics						
			Centres techniques municipaux	Etablissements d'incendie et de secours	Etablissements de santé	Etablissements scolaires	Gendarmeries & commissariats de police	Hébergements	Mairies & centres administratifs
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Centres villageois et centres urbains (CU)	**15**	4	0	1	6	1	0	3
	Autres zones urbanisées (AZU)	**4**	1	1	0	2	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	**0**	0	0	0	0	0	0	0
	Total Port-Saint-Louis-du-Rhône	**19**	5	1	1	8	1	0	3
	TOTAL RIVE GAUCHE	**19**	**5**	**1**	**1**	**8**	**1**	**0**	**3**

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Indicateurs M4 - Etablissements publics							
		Nb. total d'établissements situés dans la ZP	Nombre d'établissements par type d'établissements publics						
			Centres techniques municipaux	Etablissements d'incendie et de secours	Etablissements de santé	Etablissements scolaires	Gendarmeries & commissariats de police	Hébergements	Mairies & centres administratifs
Aigues-Mortes	Centres villageois et centres urbains (CU)	9	4	0	0	4	0	0	1
	Autres zones urbanisées (AZU)	10	2	0	1	5	1	0	1
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Aigues-Mortes	**19**	**6**	**0**	**1**	**9**	**1**	**0**	**2**
Le Grau-du-Roi	Centres villageois et centres urbains (CU)	2	0	0	1	0	0	0	1
	Autres zones urbanisées (AZU)	19	7	1	2	5	2	0	2
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Le Grau-du-Roi	**21**	**7**	**1**	**3**	**5**	**2**	**0**	**3**
Vauvert	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	1	0	0	0	1	0	0	0
	Total Vauvert	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**
TOTAL RIVE DROITE		**41**	**13**	**1**	**4**	**15**	**3**	**0**	**5**

10.2 ANNEXE 2 : RECENSEMENT DES ENJEUX CONCERNES PAR LE RISQUE D'EROSION COTIERE

Les enjeux sont recensés par commune et par zones protégées (Rive droite, Rive gauche et Camargue insulaire).

Sont recensés successivement :

- La population et les logements ;
- Les établissements d'activités économiques et les emplois ;
- Les activités agricoles ;
- Les établissements publics.

10.2.1 Population et logements

RIVE DROITE :

Communes	Zonage PPRI	Nombre ménages	Nombre individus	Individus vulnérables <18 ans & > 65 ans	Nombre individus Plain-pied	Nombre bâtiments de logements	Nombre bâtiments de logements plain-pied
Le Grau-du-Roi	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0	0	0	0	0
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0	0	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	3	2
	Total	**0**	**0**	**0**	**0**	**3**	**2**
Saintes-Maries-de-la-Mer (Camargue Saintoise)	Centres villageois et centres urbains (CU)	0	0	0	0	0	0
	Autres zones urbanisées (AZU)						
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	1	1
	Total	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**

CAMARGUE INSULAIRE :

Communes	Zonage PPRI	Nombre ménages	Nombre individus	Individus vulnérables <18 ans & > 65 ans	Nombre individus Plain-pied	Nombre bâtiments de logements	Nombre bâtiments de logements plain-pied
Saintes-Maries-de-la-Mer (Camargue insulaire)	Centres villageois et centres urbains (CU)	144	275	112	42	324	74
	Autres zones urbanisées (AZU)	46	90	38	19	70	40
	Zones non urbanisées ou ZEC	9	20	7	16	59	47
	Total	**198**	**385**	**157**	**77**	**453**	**161**

RIVE GAUCHE : NON CONCERNEE

10.2.2 Etablissements d'activités économiques et emplois

CAMARGUE INSULAIRE :

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Etablissements d'activités économiques (M2) et emplois (P7) impactés par l'érosion (2100)									
		TOTAL		Etablissements subissant potentiellement des dommages > 1,5 M€				Etablissements d'activités immobilières		Etablissements subissant potentiellement des dommages < 1,5 M€	
		Nb d'établissements dans la zone protégée	Nb d'emplois impactés moyen dans la zone protégée	Nb d'établissements	Nom de ou des établissement(s)	Nb d'emplois protégés moyen	Surface au sol* (m²)	Nb d'établissements	Nb d'emplois protéges moyen	Nb d'établissements	Nb d'emplois protégés moyen
Saintes-Maries-de-la-Mer	Centres villageois et centres urbains (CU)	66	70					66	70	0	0
	Autres zones urbanisées (AZU)	18	18					18	18	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0					0	0	0	0
	Total Saintes-Maries-de-la-Mer	**84**	**88**					**84**	**88**	**0**	**0**
TOTAL CAMARGUE INSULAIRE		**84**	**88**	**0**	**0**	**0**	**0**	**84**	**88**	**0**	**0**

RIVE DROITE ET RIVE GAUCHE : NON CONCERNEES

10.2.3 Activités agricoles

RIVE DROITE ET CAMARGUE INSULAIRE :

Communes / Zones non urbanisées ou ZEC	Indicateurs M3 - Activités agricoles								
	Surface parcellaire totale (ha)	Surface parcellaire par type de culture (ha)							
		Arboriculture	Cultures légumières & maraîchères	Cultures sous serres & abris	Friches	Grandes cultures	Prairies	Riz	Vignes
Le Grau-du-Roi	**156,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	156,0	0,0	0,0
Saintes-Maries-de-la-Mer	**245,2**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	245,2	0,0	0,0
TOTAL RIVE DROITE	**401,2**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**401,2**	**0,0**	**0,0**

Communes	Indicateurs M3 - Activités agricoles								
	Surface parcellaire située dans la zone protégée (ha)	Surface parcellaire située dans la zone protégée, par type de culture (ha)							
		Arboriculture	Cultures légumières & maraîchères	Cultures sous serres & abris	Friches	Grandes cultures	Prairies	Riz	Vignes
Saintes-Maries-de-la-Mer	**49,6**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,6	0,0	0,0
TOTAL CAMARGUE INSULAIRE	**49,6**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**49,6**	**0,0**	**0,0**

RIVE GAUCHE : NON CONCERNEE

10.2.4 Etablissements publics

CAMARGUE INSULAIRE :

Communes protégées /inondées	Zonage PPRI	Indicateurs M4 - Etablissements publics							
		Nb. Total d'établissements situés dans la ZP	Nombre d'établissements par type d'établissements publics						
			Centres techniques municipaux	Etablissements d'incendie et de secours	Etablissements de santé	Etablissements scolaires	Gendarmeries & commissariats de police	Hébergements	Mairies & centres administratifs
Saintes-Maries-de-la-Mer	Centres villageois et centres urbains (CU)	4	1	0	0	2	0	0	1
	Autres zones urbanisées (AZU)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zones non urbanisées ou ZEC	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Saintes-Maries-de-la-Mer	**4**	**1**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**1**
TOTAL CAMARGUE INSULAIRE		**4**	**2**	**0**	**0**	**4**	**0**	**0**	**2**

RIVE DROITE ET RIVE GAUCHE : NON CONCERNEES

10.3 ANNEXE 3 : DOMMAGES AUX ENJEUX ET PERSONNES SINISTREES EN CAS DE SUBMERSION MARINE – NOMBRE DE PERSONNES SINISTREES ET D'EMPLOIS IMPACTES

10.3.1 Nombre de personnes sinistrées, de personnes sinistrées en danger et d'emplois liés aux tempêtes par zone protégée

CAMARGUE INSULAIRE :

POPULATION

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	5	5	5	5	5
2A	1,17	17	17	15	15	14
3A	1,30	85	85	83	83	83
MOYEN ACTUEL	1,55	1 529	1 529	1 527	1 516	1 437
5C	1,70	985	985	977	951	788
7C	1,95	2 742	2 742	2 734	2 708	2 538

POPULATION EN DANGER

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	2	2	2	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	51	51	45	21	-

EMPLOIS

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	31	31	31	31	29
2A	1,17	41	41	41	41	39
3A	1,30	106	106	106	106	104
MOYEN ACTUEL	1,55	294	294	294	290	286
5C	1,70	559	558	554	510	476
7C	1,95	1 487	1 486	1 482	1 437	1 402

RIVE DROITE :

POPULATION

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	35	35	35	21	17
2A	1,17	62	62	62	48	44
3A	1,30	102	102	102	88	84
MOYEN ACTUEL	1,55	110	110	110	95	89
5C	1,70	3 473	3 473	3 473	3 457	3 430
7C	1,95	8 096	8 096	8 083	8 051	8 017

POPULATION EN DANGER

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	1	1	1	-	-
7C	1,95	59	59	59	44	31

EMPLOIS

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	24	24	20	20	6
2A	1,17	39	39	35	35	12
3A	1,30	79	79	75	75	52
MOYEN ACTUEL	1,55	318	318	314	314	290
5C	1,70	1 861	1 861	1 857	1 852	1 812
7C	1,95	3 661	3 661	3 657	3 652	3 610

RIVE GAUCHE :

POPULATION

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	29	29	29	29	26
2A	1,17	29	29	29	29	27
3A	1,30	33	33	33	33	29
MOYEN ACTUEL	1,55	1 519	1 519	1 516	1 516	1 473
5C	1,70	3 035	3 035	3 033	3 033	2 989
7C	1,95	5 314	5 314	5 312	5 312	5 268

POPULATION EN DANGER

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	2	2	2	2	-
5C	1,70	12	12	10	10	7
7C	1,95	209	209	207	207	163

EMPLOIS

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	7	7	7	7	7
2A	1,17	7	7	7	7	7
3A	1,30	8	8	8	8	7
MOYEN ACTUEL	1,55	309	309	309	309	278
5C	1,70	557	557	557	557	471
7C	1,95	1 029	1 029	1 029	1 029	943

10.3.2 Nombre de personnes sinistrées et d'emplois impactés liés aux tempêtes selon le découpage du zonage PPRI

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	69	69	69	55	48
2A	1,17	108	108	106	92	85
3A	1,3	220	220	218	204	196
MOYEN ACTUEL	1,55	3 158	3 158	3 153	3 127	2 999
5C	1,7	7 493	7 493	7 483	7 441	7 207
7C	1,95	16 152	16 152	16 129	16 071	15 823

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	4	4	4	4	4
2A	1,17	13	13	13	13	13
3A	1,30	79	79	79	79	79
MOYEN ACTUEL	1,55	2 267	2 267	2 267	2 257	2 147
5C	1,70	2 538	2 538	2 537	2 537	2 473
7C	1,95	5 929	5 929	5 929	5 929	5 859

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	61	61	61	47	40
2A	1,17	87	87	87	73	66
3A	1,30	130	130	130	116	110
MOYEN ACTUEL	1,55	799	799	799	784	776
5C	1,70	4 360	4 360	4 359	4 339	4 292
7C	1,95	9 116	9 116	9 114	9 095	9 047

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	4	4	4	4	4
2A	1,17	8	8	6	6	6
3A	1,30	11	11	9	9	7
MOYEN ACTUEL	1,55	92	92	87	86	76
5C	1,70	595	595	587	565	442
7C	1,95	1 107	1 107	1 086	1 047	917

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	62	62	58	58	42
2A	1,17	87	87	83	83	58
3A	1,3	193	193	189	189	163
MOYEN ACTUEL	1,55	921	921	917	913	854
5C	1,7	2 977	2 976	2 968	2 919	2 759
7C	1,95	6 177	6 176	6 168	6 118	5 955

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	23	23	23	23	23
2A	1,17	33	33	33	33	33
3A	1,30	95	95	95	95	95
MOYEN ACTUEL	1,55	499	499	499	499	485
5C	1,70	1 111	1 111	1 111	1 111	1 098
7C	1,95	2 352	2 352	2 352	2 352	2 339

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	24	24	24	24	11
2A	1,17	31	31	31	31	17
3A	1,30	74	74	74	74	60
MOYEN ACTUEL	1,55	248	248	248	248	226
5C	1,70	1 407	1 407	1 407	1 374	1 336
7C	1,95	2 952	2 952	2 952	2 919	2 881

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	15	15	11	11	8
2A	1,17	23	23	19	19	8
3A	1,30	24	24	20	20	8
MOYEN ACTUEL	1,55	174	174	170	166	143
5C	1,70	459	458	450	434	325
7C	1,95	873	872	864	847	735

10.3.3 Nombre de personnes sinistrées et d'emplois impactés liés aux tempêtes par commune et selon le découpage du zonage PPRI

AIGUES MORTES

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,3	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	16	16	16	16	14
5C	1,7	898	898	898	897	890
7C	1,95	3 716	3 716	3 716	3 716	3 706

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	149	149	149	149	149
7C	1,95	663	663	663	663	663

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	611	611	611	611	611
7C	1,95	2 838	2 838	2 838	2 838	2 838

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	16	16	16	16	14
5C	1,70	138	138	138	137	130
7C	1,95	215	215	215	215	205

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,3	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	6	6	6	6	2
5C	1,7	216	216	216	211	203
7C	1,95	1 330	1 330	1 330	1 325	1 315

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	82	82	82	82	82
7C	1,95	328	328	328	328	328

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	91	91	91	91	91
7C	1,95	935	935	935	935	935

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	6	6	6	6	2
5C	1,70	43	43	43	38	30
7C	1,95	67	67	67	62	52

ARLES

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,3	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	1 351	1 351	1 351	1 340	1 264
5C	1,7	28	28	27	26	18
7C	1,95	208	208	207	206	193

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	1 310	1 310	1 310	1 300	1 230
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	139	139	139	139	134

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	41	41	41	40	34
5C	1,70	28	28	27	26	18
7C	1,95	69	69	68	67	59

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,3	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	182	182	182	182	180
5C	1,7	63	62	62	62	7
7C	1,95	176	175	175	174	119

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	180	180	180	180	178
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	33	33	33	33	33

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	2	2	2	2	2
5C	1,70	63	62	62	62	7
7C	1,95	143	142	142	141	86

LE GRAU-DU-ROI

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	32	32	32	18	14
2A	1,17	57	57	57	43	39
3A	1,3	97	97	97	83	79
MOYEN ACTUEL	1,55	88	88	88	73	69
5C	1,7	2 506	2 506	2 506	2 491	2 486
7C	1,95	4 189	4 189	4 189	4 175	4 170

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	351	351	351	351	351
7C	1,95	550	550	550	550	550

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	32	32	32	18	14
2A	1,17	57	57	57	43	39
3A	1,30	97	97	97	83	79
MOYEN ACTUEL	1,55	68	68	68	53	50
5C	1,70	2 070	2 070	2 070	2 055	2 051
7C	1,95	3 500	3 500	3 500	3 486	3 482

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	20	20	20	20	19
5C	1,70	85	85	85	85	84
7C	1,95	139	139	139	139	138

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	13	13	13	13	0
2A	1,17	20	20	20	20	6
3A	1,3	60	60	60	60	46
MOYEN ACTUEL	1,55	299	299	299	299	288
5C	1,7	1 605	1 605	1 605	1 605	1 582
7C	1,95	2 242	2 242	2 242	2 242	2 219

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	382	382	382	382	382
7C	1,95	498	498	498	498	498

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	13	13	13	13	0
2A	1,17	20	20	20	20	6
3A	1,30	60	60	60	60	46
MOYEN ACTUEL	1,55	153	153	153	153	149
5C	1,70	994	994	994	994	979
7C	1,95	1 403	1 403	1 403	1 403	1 388

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	146	146	146	146	139
5C	1,70	229	229	229	229	221
7C	1,95	341	341	341	341	333

PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHONE

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	29	29	29	29	26
2A	1,17	29	29	29	29	27
3A	1,3	33	33	33	33	29
MOYEN ACTUEL	1,55	1 519	1 519	1 516	1 516	1 473
5C	1,7	3 035	3 035	3 033	3 033	2 989
7C	1,95	5 314	5 314	5 312	5 312	5 268

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	804	804	804	804	764
5C	1,70	1 568	1 568	1 568	1 568	1 528
7C	1,95	3 354	3 354	3 354	3 354	3 314

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	29	29	29	29	26
2A	1,17	29	29	29	29	27
3A	1,30	31	31	31	31	29
MOYEN ACTUEL	1,55	708	708	708	708	706
5C	1,70	1 452	1 452	1 452	1 452	1 450
7C	1,95	1 929	1 929	1 929	1 929	1 927

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	2	2	2	2	0
MOYEN ACTUEL	1,55	7	7	4	4	3
5C	1,70	15	15	13	13	11
7C	1,95	31	31	29	29	27

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	7	7	7	7	7
2A	1,17	7	7	7	7	7
3A	1,3	8	8	8	8	7
MOYEN ACTUEL	1,55	309	309	309	309	278
5C	1,7	502	502	502	502	471
7C	1,95	974	974	974	974	943

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	219	219	219	219	207
5C	1,70	308	308	308	308	296
7C	1,95	671	671	671	671	659

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	7	7	7	7	7
2A	1,17	7	7	7	7	7
3A	1,30	7	7	7	7	7
MOYEN ACTUEL	1,55	89	89	89	89	71
5C	1,70	190	190	190	190	172
7C	1,95	282	282	282	282	264

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	1	1	1	1	0
MOYEN ACTUEL	1,55	1	1	1	1	0
5C	1,70	4	4	4	4	3
7C	1,95	21	21	21	21	20

SAINT LAURENT D'AIGOUZE

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,3	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,7	35	35	35	35	29
7C	1,95	71	71	71	70	62

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	35	35	35	35	29
7C	1,95	71	71	71	70	62

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	8	8	8	8	0
3A	1,3	8	8	8	8	0
MOYEN ACTUEL	1,55	8	8	8	8	0
5C	1,7	8	8	8	8	0
7C	1,95	12	12	12	12	4

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	8	8	8	8	0
3A	1,30	8	8	8	8	0
MOYEN ACTUEL	1,55	8	8	8	8	0
5C	1,70	8	8	8	8	0
7C	1,95	12	12	12	12	4

SAINTES MARIES DE LA MER

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	8	8	8	8	8
2A	1,17	22	22	20	20	19
3A	1,3	90	90	88	88	88
MOYEN ACTUEL	1,55	184	184	182	182	179
5C	1,7	970	970	963	938	783
7C	1,95	2 558	2 558	2 551	2 526	2 369

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	4	4	4	4	4
2A	1,17	13	13	13	13	13
3A	1,30	79	79	79	79	79
MOYEN ACTUEL	1,55	153	153	153	153	153
5C	1,70	470	470	469	469	445
7C	1,95	1 223	1 223	1 223	1 223	1 198

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	1	1	1	1	0
3A	1,30	2	2	2	2	2
MOYEN ACTUEL	1,55	23	23	23	23	20
5C	1,70	227	227	226	221	180
7C	1,95	849	849	847	842	800

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	4	4	4	4	4
2A	1,17	8	8	6	6	6
3A	1,30	9	9	7	7	7
MOYEN ACTUEL	1,55	8	8	6	6	6
5C	1,70	273	273	268	248	158
7C	1,95	486	486	481	461	371

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	38	38	38	38	35
2A	1,17	48	48	48	48	45
3A	1,3	113	113	113	113	110
MOYEN ACTUEL	1,55	113	113	113	109	106
5C	1,7	579	579	575	531	496
7C	1,95	1 396	1 396	1 392	1 348	1 312

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	23	23	23	23	23
2A	1,17	33	33	33	33	33
3A	1,30	95	95	95	95	95
MOYEN ACTUEL	1,55	100	100	100	100	100
5C	1,70	339	339	339	339	338
7C	1,95	822	822	822	822	821

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	4	4	4	4	4
2A	1,17	4	4	4	4	4
3A	1,30	7	7	7	7	7
MOYEN ACTUEL	1,55	6	6	6	6	6
5C	1,70	132	132	132	99	94
7C	1,95	332	332	332	299	294

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	11	11	11	11	8
2A	1,17	11	11	11	11	8
3A	1,30	11	11	11	11	8
MOYEN ACTUEL	1,55	7	7	7	3	0
5C	1,70	108	108	104	93	64
7C	1,95	242	242	238	227	197

VAUVERT

POPULATION TOTALE

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,3	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,7	21	21	21	21	12
7C	1,95	96	96	83	66	55

POPULATION CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

POPULATION AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

POPULATION ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	21	21	21	21	12
7C	1,95	96	96	83	66	55

EMPLOIS TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	4	4	0	0	0
2A	1,17	4	4	0	0	0
3A	1,3	4	4	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	4	4	0	0	0
5C	1,7	4	4	0	0	0
7C	1,95	47	47	43	43	43

EMPLOIS CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

EMPLOIS AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	0	0	0	0	0
2A	1,17	0	0	0	0	0
3A	1,30	0	0	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	0	0	0	0	0
5C	1,70	0	0	0	0	0
7C	1,95	0	0	0	0	0

EMPLOIS ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	0	0	0	0	0
1A	1,06	4	4	0	0	0
2A	1,17	4	4	0	0	0
3A	1,30	4	4	0	0	0
MOYEN ACTUEL	1,55	4	4	0	0	0
5C	1,70	4	4	0	0	0
7C	1,95	47	47	43	43	43

10.3.4 Montant des dommages liés aux tempêtes par zone protégée

CAMARGUE INSULAIRE :

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	4 944 164,31	2 585 309,74	2 347 060,26	674 746,37	638 189,89
2A	1,17	5 621 608,96	3 280 033,50	3 000 297,55	1 312 185,80	1 221 339,58
3A	1,3	7 281 390,08	4 909 157,04	4 625 083,74	2 927 155,44	2 802 828,00
MOYEN ACTUEL	1,55	21 916 543,16	20 179 171,04	19 355 226,79	17 741 695,82	15 809 977,70
5C	1,7	46 706 225,61	43 872 328,80	40 991 118,17	33 230 891,54	24 307 060,01
7C	1,95	125 687 632,26	125 381 655,30	120 152 197,36	107 946 628,42	93 652 153,49

DOM hors agriculture (M1+M2+M4)

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	441 888,94	441 888,94	536 157,39	536 157,39	529 819,04
2A	1,17	1 049 747,88	1 049 747,88	1 141 917,19	1 141 917,19	1 107 757,92
3A	1,30	2 634 841,88	2 634 841,88	2 725 523,64	2 725 192,15	2 677 687,70
MOYEN ACTUEL	1,55	17 189 252,59	17 189 252,59	17 280 558,87	16 840 823,93	15 522 721,86
5C	1,70	32 271 849,27	32 119 567,97	31 659 593,66	28 495 446,66	20 940 460,20
7C	1,95	100 861 454,59	100 709 173,29	100 135 170,59	95 977 789,16	85 851 309,02

DOM aux activités agricoles (M3)

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	4 502 275,37	2 143 420,80	1 810 902,87	138 588,98	108 370,86
2A	1,17	4 571 861,08	2 230 285,62	1 858 380,35	170 268,60	113 581,66
3A	1,30	4 646 548,19	2 274 315,16	1 899 560,09	201 963,29	125 140,29
MOYEN ACTUEL	1,55	4 727 290,57	2 989 918,45	2 074 667,91	900 871,89	287 255,84
5C	1,70	14 434 376,34	11 752 760,83	9 331 524,50	4 735 444,87	3 366 599,81
7C	1,95	24 826 177,66	24 672 482,02	20 017 026,77	11 968 839,25	7 800 844,46

RIVE DROITE :

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	12 192 076,79	10 186 186,89	6 895 972,39	3 873 142,86	2 832 108,44
2A	1,17	15 259 799,18	13 243 968,56	9 878 575,28	6 774 523,96	5 725 072,85
3A	1,3	18 323 390,64	16 288 633,88	12 517 963,05	8 700 753,66	7 552 102,23
MOYEN ACTUEL	1,55	34 415 688,86	32 304 177,24	27 314 457,16	22 276 711,76	20 082 949,34
5C	1,7	140 442 012,63	137 117 617,85	129 131 294,89	119 508 364,56	110 166 544,49
7C	1,95	255 329 086,38	251 811 140,15	243 258 449,47	233 259 034,02	221 462 601,04

DOM hors agriculture (M1+M2+M4)

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	2 603 596,03	2 397 490,57	1 043 467,24	598 762,07	147 260,84
2A	1,17	3 449 807,43	3 237 746,09	1 865 042,24	1 416 870,74	610 505,36
3A	1,30	5 022 633,05	4 812 119,79	3 362 971,11	2 895 823,15	2 000 726,83
MOYEN ACTUEL	1,55	10 692 129,56	10 469 563,75	8 211 323,27	7 624 238,34	6 608 264,92
5C	1,70	74 871 514,26	74 233 812,35	71 022 288,35	70 024 618,28	67 459 110,20
7C	1,95	170 194 630,26	169 402 102,95	165 718 128,49	164 580 234,04	161 148 502,03

DOM aux activités agricoles (M3)

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	9 643 176,84	7 840 227,81	5 852 505,16	3 274 380,79	2 684 847,60
2A	1,17	11 865 517,42	10 058 583,53	8 013 892,87	5 357 653,22	5 114 567,49
3A	1,30	13 356 283,25	11 528 875,14	9 155 351,76	5 804 930,51	5 551 375,40
MOYEN ACTUEL	1,55	23 762 083,70	21 869 973,30	19 086 917,88	14 635 262,81	13 457 473,81
5C	1,70	65 564 198,77	62 874 341,29	58 045 621,89	49 413 128,00	42 645 903,69
7C	1,95	85 128 156,51	82 399 572,99	77 476 936,32	68 608 181,71	60 252 568,40

RIVE GAUCHE :

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	1 283 855,77	1 094 334,58	999 488,14	931 449,45	795 953,31
2A	1,17	1 394 161,93	1 204 640,74	1 097 385,19	1 028 447,21	886 184,06
3A	1,3	1 642 767,08	1 453 245,89	1 330 133,56	1 253 089,49	980 182,25
MOYEN ACTUEL	1,55	13 958 046,20	13 955 607,58	13 752 383,79	13 644 433,19	12 673 770,96
5C	1,7	38 260 616,66	37 972 124,24	36 986 554,06	36 135 030,16	32 395 274,11
7C	1,95	67 074 512,88	66 786 020,46	65 781 420,91	64 726 921,23	60 596 038,45

DOM hors agriculture (M1+M2+M4)

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	880 963,74	880 963,74	880 963,74	880 963,74	777 305,12
2A	1,17	977 961,50	977 961,50	977 961,50	977 961,50	867 535,87
3A	1,30	1 208 291,36	1 208 291,36	1 201 268,74	1 201 268,74	960 199,02
MOYEN ACTUEL	1,55	13 621 831,23	13 621 831,23	13 541 190,37	13 497 268,46	12 585 731,78
5C	1,70	34 150 617,69	34 150 617,69	34 028 353,65	33 972 308,77	31 747 926,17
7C	1,95	62 713 698,48	62 713 698,48	62 582 282,17	62 521 126,16	59 915 557,59

DOM aux activités agricoles (M3)

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	402 892,03	213 370,84	118 524,40	50 485,71	18 648,19
2A	1,17	416 200,43	226 679,24	119 423,69	50 485,71	18 648,19
3A	1,30	434 475,72	244 954,53	128 864,82	51 820,75	19 983,23
MOYEN ACTUEL	1,55	336 214,97	333 776,36	211 193,42	147 164,73	88 039,18
5C	1,70	4 109 998,98	3 821 506,56	2 958 200,41	2 162 721,39	647 347,93
7C	1,95	4 360 814,40	4 072 321,98	3 199 138,74	2 205 795,07	680 480,87

10.3.5 Montant des dommages liés aux tempêtes selon le découpage du zonage PPRI

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	18 420 096,87	13 865 831,21	10 242 520,79	5 479 338,67	4 266 251,64
2A	1,17	22 275 570,07	17 728 642,79	13 976 258,02	9 115 156,97	7 832 596,48
3A	1,3	27 247 547,80	22 651 036,81	18 473 180,34	12 880 998,58	11 335 112,47
MOYEN ACTUEL	1,55	70 290 278,22	66 438 955,86	60 422 067,74	53 662 840,77	48 566 698,01
5C	1,7	225 408 854,90	218 962 070,89	207 108 967,12	188 874 286,25	166 868 878,61
7C	1,95	448 091 231,51	443 978 815,91	429 192 067,73	405 932 583,67	375 710 792,98

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	280 418,42	280 418,42	280 418,42	280 418,42	280 418,42
2A	1,17	818 350,79	818 350,79	818 350,79	818 350,79	818 350,79
3A	1,30	2 340 942,13	2 340 942,13	2 340 942,13	2 340 942,13	2 340 942,13
MOYEN ACTUEL	1,55	23 631 941,41	23 631 941,41	23 631 941,41	23 331 648,61	21 975 273,85
5C	1,70	40 669 994,08	40 669 994,08	40 651 513,06	40 475 621,46	39 685 708,57
7C	1,95	104 664 480,37	104 664 480,37	104 642 440,45	104 439 787,63	103 194 718,89

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	1 790 400,22	1 790 400,22	1 790 400,22	1 345 905,14	818 312,98
2A	1,17	2 571 456,03	2 571 456,03	2 571 456,03	2 126 960,95	1 246 863,40
3A	1,30	4 118 494,83	4 118 494,83	4 118 494,83	3 656 822,12	2 676 964,69
MOYEN ACTUEL	1,55	9 288 517,62	9 288 517,62	9 288 517,62	8 768 087,62	7 782 736,21
5C	1,70	64 153 788,48	64 153 788,48	64 110 009,75	62 218 149,10	59 261 202,80
7C	1,95	154 841 748,95	154 841 748,95	154 787 773,23	152 418 875,67	148 543 889,59

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	16 349 278,22	11 795 012,56	8 171 702,14	3 853 015,11	3 167 520,24
2A	1,17	18 885 763,25	14 338 835,98	10 586 451,20	6 169 845,23	5 767 382,29
3A	1,30	20 788 110,84	16 191 599,84	12 013 743,38	6 883 234,33	6 317 205,65
MOYEN ACTUEL	1,55	37 369 819,19	33 518 496,84	27 501 608,71	21 563 104,54	18 808 687,95
5C	1,70	120 585 072,35	114 138 288,34	102 347 444,31	86 180 515,69	67 921 967,24
7C	1,95	188 585 002,20	184 472 586,60	169 761 854,05	149 073 920,37	123 972 184,50

10.3.6 Montant des dommages liés aux tempêtes par commune et selon le découpage du zonage PPRI

AIGUES MORTES

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	1 348 117,52	1 345 522,10	54,84	-	-
2A	1,17	1 331 167,47	1 328 572,05	54,84	-	-
3A	1,3	1 455 474,53	1 452 879,11	16 875,33	16 820,49	16 820,49
MOYEN ACTUEL	1,55	4 302 353,16	4 299 757,74	2 054 661,73	1 912 900,32	1 543 653,97
5C	1,7	22 713 798,76	22 691 181,53	19 577 022,42	19 194 137,46	18 451 784,77
7C	1,95	70 494 497,32	70 471 880,09	66 938 447,73	66 527 869,99	65 341 783,60

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	1 882 298,31	1 882 298,31	1 882 298,31	1 882 298,31	1 882 298,31
7C	1,95	10 013 491,95	10 013 491,95	10 013 491,95	10 013 491,95	10 013 491,95

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	4 510 161,84	4 510 161,84	4 510 161,84	4 510 161,84	4 510 161,84
7C	1,95	37 632 767,69	37 632 767,69	37 632 767,69	37 632 767,69	37 632 767,69

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97					
1A	1,06	1 348 117,52	1 345 522,10	54,84	-	-
2A	1,17	1 331 167,47	1 328 572,05	54,84	-	-
3A	1,30	1 455 474,53	1 452 879,11	16 875,33	16 820,49	16 820,49
MOYEN ACTUEL	1,55	4 302 353,16	4 299 757,74	2 054 661,73	1 912 900,32	1 543 653,97
5C	1,70	16 321 338,62	16 298 721,39	13 184 562,27	12 801 677,31	12 059 324,62
7C	1,95	22 848 237,68	22 825 620,45	19 292 188,09	18 881 610,36	17 695 523,96

AIMARGUES

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	109,69	109,69	-	-	-
2A	1,17	109,69	109,69	-	-	-
3A	1,3	109,69	109,69	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	17 745,70	17 745,70	17 210,61	17 210,61	17 210,61
5C	1,7	81 205,32	81 205,32	72 169,52	70 619,76	61 530,60
7C	1,95	81 205,32	81 205,32	72 169,52	70 619,76	61 530,60

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	109,69	109,69	-	-	-
2A	1,17	109,69	109,69	-	-	-
3A	1,30	109,69	109,69	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	17 745,70	17 745,70	17 210,61	17 210,61	17 210,61
5C	1,70	81 205,32	81 205,32	72 169,52	70 619,76	61 530,60
7C	1,95	81 205,32	81 205,32	72 169,52	70 619,76	61 530,60

ARLES

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	2 414 782,96	1 310 592,99	1 103 704,81	22 854,98	20 760,39
2A	1,17	2 449 575,82	1 341 674,56	1 110 981,51	30 119,35	21 437,78
3A	1,3	2 498 225,42	1 390 175,57	1 158 825,99	63 484,54	39 809,62
MOYEN ACTUEL	1,55	16 712 558,74	15 749 263,70	15 276 524,43	14 341 342,59	12 804 368,38
5C	1,7	12 624 252,86	11 253 530,54	9 205 616,78	5 327 982,69	1 660 256,29
7C	1,95	23 094 629,94	21 723 214,63	19 356 382,33	13 978 360,63	8 652 456,72

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	13 346 858,33	13 346 858,33	13 346 858,33	13 046 565,54	12 095 544,74
5C	1,70	184 359,66	184 359,66	184 359,66	8 468,07	-
7C	1,95	2 231 794,97	2 231 794,97	2 231 794,97	2 029 142,15	1 735 393,99

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	2 414 782,96	1 310 592,99	1 103 704,81	22 854,98	20 760,39
2A	1,17	2 449 575,82	1 341 674,56	1 110 981,51	30 119,35	21 437,78
3A	1,30	2 498 225,42	1 390 175,57	1 158 825,99	63 484,54	39 809,62
MOYEN ACTUEL	1,55	3 365 700,40	2 402 405,37	1 929 666,09	1 294 777,05	708 823,63
5C	1,70	12 439 893,20	11 069 170,88	9 021 257,12	5 319 514,62	1 660 256,29
7C	1,95	20 862 834,97	19 491 419,66	17 124 587,37	11 949 218,49	6 917 062,73

BEAUVOISIN

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	54 805,77	51 641,17	-	-	-
2A	1,17	55 635,35	52 470,75	359,82	-	-
3A	1,3	55 635,35	52 470,75	359,82	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	56 270,12	53 105,51	994,59	-	-
5C	1,7	74 905,72	71 741,11	8 784,87	1,48	-
7C	1,95	74 905,72	71 741,11	8 784,87	1,48	-

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	54 805,77	51 641,17	-	-	-
2A	1,17	55 635,35	52 470,75	359,82	-	-
3A	1,30	55 635,35	52 470,75	359,82	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	56 270,12	53 105,51	994,59	-	-
5C	1,70	74 905,72	71 741,11	8 784,87	1,48	-
7C	1,95	74 905,72	71 741,11	8 784,87	1,48	-

LE CAILAR

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	184 638,28	140 137,60	16 387,22	16 189,35	5 888,98
2A	1,17	190 472,67	145 972,00	16 424,76	16 189,35	5 888,98
3A	1,3	200 496,05	155 995,38	16 620,53	16 189,35	5 888,98
MOYEN ACTUEL	1,55	236 516,45	190 966,67	30 662,67	13 703,61	5 888,98
5C	1,7	659 613,34	594 544,87	149 600,34	105 958,79	72 433,65
7C	1,95	659 717,38	594 648,90	149 704,37	106 062,83	72 537,68

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	184 638,28	140 137,60	16 387,22	16 189,35	5 888,98
2A	1,17	190 472,67	145 972,00	16 424,76	16 189,35	5 888,98
3A	1,30	200 496,05	155 995,38	16 620,53	16 189,35	5 888,98
MOYEN ACTUEL	1,55	236 516,45	190 966,67	30 662,67	13 703,61	5 888,98
5C	1,70	659 613,34	594 544,87	149 600,34	105 958,79	72 433,65
7C	1,95	659 717,38	594 648,90	149 704,37	106 062,83	72 537,68

FONTVIEILLE

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	55 112,51	53 534,77	46 665,31	3 693,77	1 832,06
2A	1,17	55 112,51	53 534,77	46 665,31	3 693,77	1 832,06
3A	1,3	56 447,55	54 869,81	48 000,35	5 028,81	3 167,10
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,7	148 981,05	139 381,66	89 298,94	38 092,50	34 875,17
7C	1,95	148 981,05	139 381,66	89 298,94	38 092,50	34 875,17

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	55 112,51	53 534,77	46 665,31	3 693,77	1 832,06
2A	1,17	55 112,51	53 534,77	46 665,31	3 693,77	1 832,06
3A	1,30	56 447,55	54 869,81	48 000,35	5 028,81	3 167,10
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	148 981,05	139 381,66	89 298,94	38 092,50	34 875,17
7C	1,95	148 981,05	139 381,66	89 298,94	38 092,50	34 875,17

LE GRAU-DU-ROI

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	929 789,46	929 326,67	914 317,68	452 343,51	28 409,96
2A	1,17	1 628 279,48	1 627 209,36	1 611 235,66	1 098 865,06	337 156,95
3A	1,3	3 685 518,42	3 677 107,36	3 588 789,46	2 555 585,52	1 703 636,16
MOYEN ACTUEL	1,55	13 508 105,18	13 496 958,03	13 333 015,87	12 192 928,71	11 312 568,10
5C	1,7	71 522 866,70	71 509 813,83	71 297 231,95	69 967 606,77	68 352 377,63
7C	1,95	116 043 928,12	116 030 875,24	115 818 293,37	114 455 063,40	112 599 464,06

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	8 339 830,43	8 339 830,43	8 339 830,43	8 339 830,43	8 339 830,43
7C	1,95	15 583 252,33	15 583 252,33	15 583 252,33	15 583 252,33	15 583 252,33

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	877 602,74	877 602,74	877 602,74	433 107,66	9 174,11
2A	1,17	1 524 170,36	1 524 170,36	1 524 170,36	1 079 675,28	317 967,17
3A	1,30	2 932 633,91	2 932 633,91	2 932 633,91	2 470 961,20	1 622 556,81
MOYEN ACTUEL	1,55	3 811 263,47	3 811 263,47	3 811 263,47	3 290 833,47	2 693 165,51
5C	1,70	40 080 265,26	40 080 265,26	40 080 265,26	39 525 342,58	38 556 082,82
7C	1,95	70 977 795,32	70 977 795,32	70 977 795,32	70 389 267,85	69 227 993,86

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	52 186,71	51 723,93	36 714,94	19 235,85	19 235,85
2A	1,17	104 109,12	103 039,00	87 065,30	19 189,78	19 189,78
3A	1,30	752 884,52	744 473,45	656 155,55	84 624,32	81 079,35
MOYEN ACTUEL	1,55	9 696 841,71	9 685 694,55	9 521 752,40	8 902 095,25	8 619 402,59
5C	1,70	23 102 771,02	23 089 718,15	22 877 136,27	22 102 433,77	21 456 464,39
7C	1,95	29 482 880,47	29 469 827,59	29 257 245,72	28 482 543,22	27 788 217,87

MAUSSANE

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	40 911,72	7 273,43	2 616,35	-	-
2A	1,17	42 009,96	8 371,67	2 616,35	-	-
3A	1,3	42 009,96	8 371,67	2 616,35	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,7	108 634,63	47 846,60	25 007,36	3 372,73	-
7C	1,95	108 634,63	47 846,60	25 007,36	3 372,73	-

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	40 911,72	7 273,43	2 616,35	-	-
2A	1,17	42 009,96	8 371,67	2 616,35	-	-
3A	1,30	42 009,96	8 371,67	2 616,35	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	108 634,63	47 846,60	25 007,36	3 372,73	-
7C	1,95	108 634,63	47 846,60	25 007,36	3 372,73	-

MOURIES

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	6 885,80	6 207,51	3 868,09	3 868,09	-
2A	1,17	6 885,80	6 207,51	3 868,09	3 868,09	-
3A	1,3	6 885,80	6 207,51	3 868,09	3 868,09	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,7	37 358,02	36 295,24	22 811,20	22 811,20	-
7C	1,95	37 358,02	36 295,24	22 811,20	22 811,20	-

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	6 885,80	6 207,51	3 868,09	3 868,09	-
2A	1,17	6 885,80	6 207,51	3 868,09	3 868,09	-
3A	1,30	6 885,80	6 207,51	3 868,09	3 868,09	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	37 358,02	36 295,24	22 811,20	22 811,20	-
7C	1,95	37 358,02	36 295,24	22 811,20	22 811,20	-

PARADOU

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	36 042,97	17 039,64	5 836,15	-	-
2A	1,17	36 042,97	17 039,64	5 836,15	-	-
3A	1,3	44 065,15	25 061,82	5 836,15	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,7	272 650,81	238 507,53	150 897,19	10 863,04	4 601,17
7C	1,95	272 650,81	238 507,53	150 897,19	10 863,04	4 601,17

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	36 042,97	17 039,64	5 836,15	-	-
2A	1,17	36 042,97	17 039,64	5 836,15	-	-
3A	1,30	44 065,15	25 061,82	5 836,15	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	272 650,81	238 507,53	150 897,19	10 863,04	4 601,17
7C	1,95	272 650,81	238 507,53	150 897,19	10 863,04	4 601,17

PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHONE

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	981 257,49	978 818,87	917 870,08	907 071,46	777 305,12
2A	1,17	1 090 465,41	1 088 026,79	1 015 767,14	1 004 069,22	867 535,87
3A	1,3	1 325 220,51	1 322 781,89	1 242 687,63	1 227 376,46	960 199,02
MOYEN ACTUEL	1,55	13 867 946,91	13 865 508,29	13 701 542,11	13 617 543,69	12 646 881,47
5C	1,7	33 863 847,97	33 849 959,68	33 477 738,74	33 249 728,74	31 914 995,59
7C	1,95	62 661 126,43	62 647 238,14	62 255 987,83	61 825 002,05	60 101 021,39

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	7 659 612,29	7 659 612,29	7 659 612,29	7 659 612,29	7 254 258,32
5C	1,70	17 957 178,99	17 957 178,99	17 957 178,99	17 957 178,99	17 514 661,97
7C	1,95	36 326 803,22	36 326 803,22	36 326 803,22	36 326 803,22	35 789 857,21

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	864 413,45	864 413,45	864 413,45	864 413,45	760 754,84
2A	1,17	952 363,82	952 363,82	952 363,82	952 363,82	842 146,44
3A	1,30	1 051 692,54	1 051 692,54	1 051 692,54	1 051 692,54	934 150,71
MOYEN ACTUEL	1,55	5 277 036,22	5 277 036,22	5 277 036,22	5 277 036,22	4 954 766,96
5C	1,70	13 658 008,07	13 658 008,07	13 658 008,07	13 658 008,07	13 320 191,60
7C	1,95	23 281 636,73	23 281 636,73	23 281 636,73	23 281 636,73	22 695 817,28

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	116 844,04	114 405,42	53 456,63	42 658,00	16 550,28
2A	1,17	138 101,59	135 662,97	63 403,31	51 705,40	25 389,43
3A	1,30	273 527,97	271 089,35	190 995,09	175 683,92	26 048,31
MOYEN ACTUEL	1,55	931 298,40	928 859,78	764 893,60	680 895,18	437 856,19
5C	1,70	2 248 660,90	2 234 772,61	1 862 551,67	1 634 541,67	1 080 142,02
7C	1,95	3 052 686,49	3 038 798,20	2 647 547,89	2 216 562,11	1 615 346,89

SAINT GILLES

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	1 013 974,65	534 062,22	138 142,90	60 028,71	59 805,28
2A	1,17	1 005 498,38	522 295,32	109 485,61	27 634,77	27 411,34
3A	1,3	1 010 764,28	526 314,40	110 252,33	27 634,77	27 411,34
MOYEN ACTUEL	1,55	1 514 614,90	1 029 005,76	654 919,07	284 594,74	217 145,17
5C	1,7	4 931 438,76	4 262 410,11	3 009 187,86	1 764 625,31	1 314 630,17
7C	1,95	5 034 863,95	4 365 464,31	3 101 280,27	1 833 241,02	1 383 245,88

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	1 013 974,65	534 062,22	138 142,90	60 028,71	59 805,28
2A	1,17	1 005 498,38	522 295,32	109 485,61	27 634,77	27 411,34
3A	1,30	1 010 764,28	526 314,40	110 252,33	27 634,77	27 411,34
MOYEN ACTUEL	1,55	1 514 614,90	1 029 005,76	654 919,07	284 594,74	217 145,17
5C	1,70	4 931 438,76	4 262 410,11	3 009 187,86	1 764 625,31	1 314 630,17
7C	1,95	5 034 863,95	4 365 464,31	3 101 280,27	1 833 241,02	1 383 245,88

SAINT LAURENT D'AIGOUZE

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	1 072 172,00	500 968,72	84 333,71	7 768,10	-
2A	1,17	1 107 606,65	531 047,69	114 895,24	27 776,81	3 473,94
3A	1,3	1 353 954,99	775 610,80	359 458,35	256 504,87	231 146,88
MOYEN ACTUEL	1,55	2 109 947,19	1 568 978,85	1 086 775,23	741 980,04	494 196,64
5C	1,7	14 802 637,93	13 931 336,55	12 993 094,86	11 258 486,64	9 584 319,66
7C	1,95	20 535 621,07	19 525 774,66	18 553 906,08	16 694 578,00	14 693 597,14

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	1 072 172,00	500 968,72	84 333,71	7 768,10	-
2A	1,17	1 107 606,65	531 047,69	114 895,24	27 776,81	3 473,94
3A	1,30	1 353 954,99	775 610,80	359 458,35	256 504,87	231 146,88
MOYEN ACTUEL	1,55	2 109 947,19	1 568 978,85	1 086 775,23	741 980,04	494 196,64
5C	1,70	14 802 637,93	13 931 336,55	12 993 094,86	11 258 486,64	9 584 319,66
7C	1,95	20 535 621,07	19 525 774,66	18 553 906,08	16 694 578,00	14 693 597,14

SAINTES MARIES DE LA MER

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	8 347 670,99	6 804 365,11	6 159 985,13	3 589 154,78	3 345 100,63
2A	1,17	11 712 024,18	10 189 708,70	9 461 630,07	6 861 960,86	6 527 834,63
3A	1,3	13 964 923,76	12 399 875,81	11 464 249,29	8 667 306,65	8 306 788,63
MOYEN ACTUEL	1,55	15 630 958,06	14 659 363,60	13 332 633,26	10 478 460,65	9 467 999,32
5C	1,7	50 522 031,93	48 692 329,41	46 483 431,89	39 960 103,06	30 887 794,78
7C	1,95	120 313 210,88	121 012 121,20	116 773 894,90	107 267 541,15	94 447 178,67

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	280 418,42	280 418,42	280 418,42	280 418,42	280 418,42
2A	1,17	818 350,79	818 350,79	818 350,79	818 350,79	818 350,79
3A	1,30	2 340 942,13	2 340 942,13	2 340 942,13	2 340 942,13	2 340 942,13
MOYEN ACTUEL	1,55	2 625 470,78	2 625 470,78	2 625 470,78	2 625 470,78	2 625 470,78
5C	1,70	12 306 326,69	12 306 326,69	12 287 845,67	12 287 845,67	11 948 917,86
7C	1,95	40 509 137,91	40 509 137,91	40 487 097,99	40 487 097,99	40 072 723,41

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	48 384,03	48 384,03	48 384,03	48 384,03	48 384,03
2A	1,17	94 921,84	94 921,84	94 921,84	94 921,84	86 749,79
3A	1,30	134 168,38	134 168,38	134 168,38	134 168,38	120 257,18
MOYEN ACTUEL	1,55	200 217,93	200 217,93	200 217,93	200 217,93	134 803,74
5C	1,70	5 905 353,31	5 905 353,31	5 861 574,59	4 524 636,61	2 874 766,55
7C	1,95	22 949 549,21	22 949 549,21	22 895 573,49	21 115 203,40	18 987 310,75

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	8 018 868,54	6 475 562,65	5 831 182,68	3 260 352,33	3 016 298,18
2A	1,17	10 798 751,55	9 276 436,06	8 548 357,44	5 948 688,23	5 622 734,05
3A	1,30	11 489 813,24	9 924 765,29	8 989 138,78	6 192 196,14	5 845 589,32
MOYEN ACTUEL	1,55	12 805 269,35	11 833 674,88	10 506 944,55	7 652 771,94	6 707 724,80
5C	1,70	32 310 351,93	30 480 649,40	28 334 011,63	23 147 620,78	16 064 110,37
7C	1,95	56 854 523,76	57 553 434,08	53 391 223,42	45 665 239,75	35 387 144,50

VAUVERT

DOMMAGES TOTAUX

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	1 933 825,05	1 186 230,71	848 738,51	416 365,93	27 149,22
2A	1,17	1 564 683,74	816 402,30	476 437,46	40 979,69	40 024,94
3A	1,3	1 547 816,34	803 205,24	454 740,67	41 199,02	40 244,26
MOYEN ACTUEL	1,55	2 333 261,81	1 508 302,01	933 128,17	62 175,80	56 785,36
5C	1,7	13 044 631,11	11 561 986,91	10 547 073,20	7 899 896,09	4 529 279,14
7C	1,95	28 529 900,89	26 992 621,28	25 875 201,76	23 099 103,90	18 318 500,90

DOMMAGES CENTRE URBAIN

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES AUTRES ZONES URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	-	-	-	-	-
2A	1,17	-	-	-	-	-
3A	1,30	-	-	-	-	-
MOYEN ACTUEL	1,55	-	-	-	-	-
5C	1,70	-	-	-	-	-
7C	1,95	-	-	-	-	-

DOMMAGES ZONES NON URBANISEES

Scénario de modélisation	SWL (niveau marin de la tempête) m NGF	Ennoiement à 0 m NGF	Ennoiement à 0,2 m NGF	Ennoiement à 0,4 m NGF	Ennoiement à 0,6 m NGF	Ennoiement à 0,8 m NGF
8A	0,97	-	-	-	-	-
1A	1,06	1 933 825,05	1 186 230,71	848 738,51	416 365,93	27 149,22
2A	1,17	1 564 683,74	816 402,30	476 437,46	40 979,69	40 024,94
3A	1,30	1 547 816,34	803 205,24	454 740,67	41 199,02	40 244,26
MOYEN ACTUEL	1,55	2 333 261,81	1 508 302,01	933 128,17	62 175,80	56 785,36
5C	1,70	13 044 631,11	11 561 986,91	10 547 073,20	7 899 896,09	4 529 279,14
7C	1,95	28 529 900,89	26 992 621,28	25 875 201,76	23 099 103,90	18 318 500,90

10.3.7 Dommage moyen annuel par zone protégée

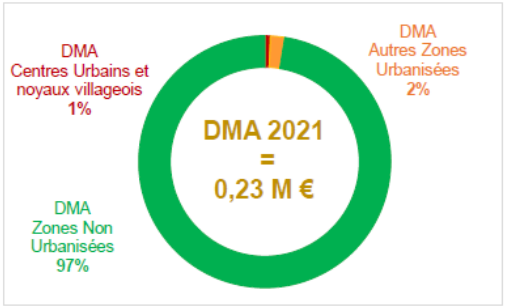
ZONE PROTEGEE CAMARGUE INSULAIRE :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

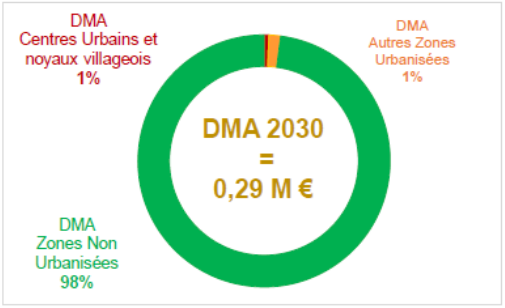
ZONE PROTEGEE RIVE DROITE : Dommages Moyens Annuels (DMA)

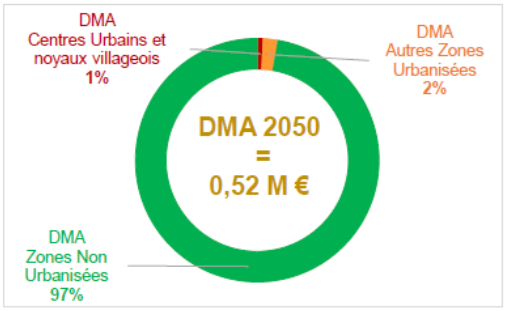
Dommages Moyens Annuels (DMA) ZONE PROTEGEE RIVE GAUCHE

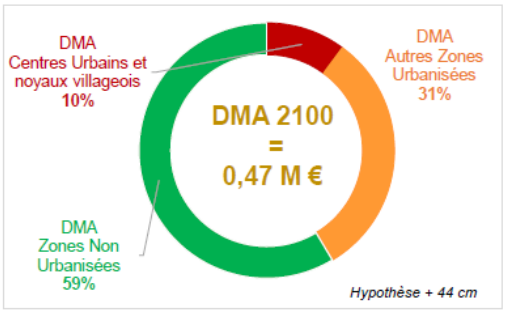
10.3.8 Dommage moyen annuel par commune

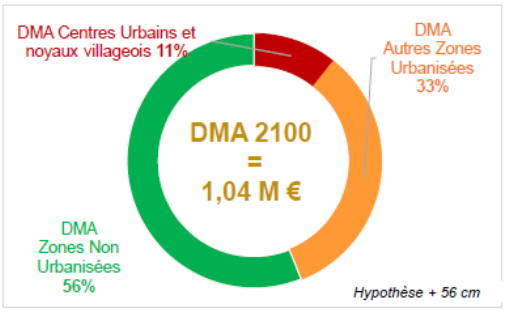
AIGUES-MORTES :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

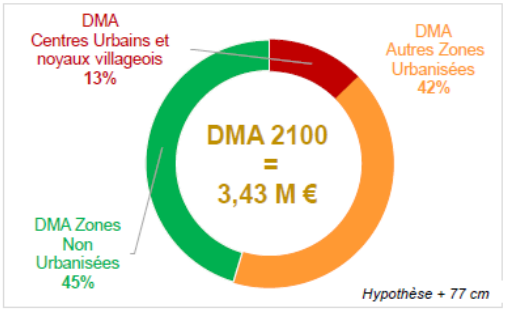


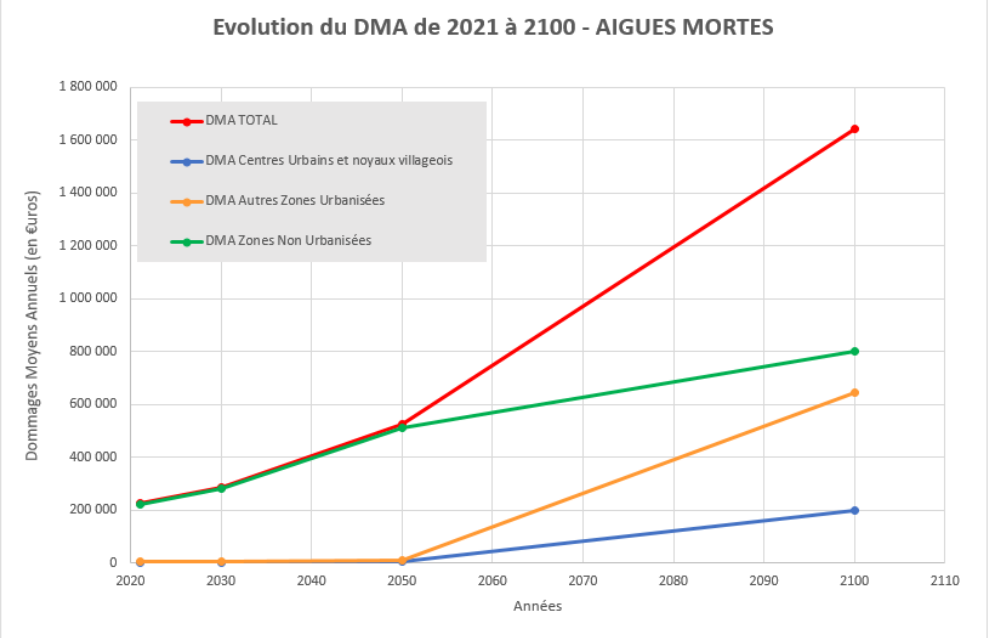


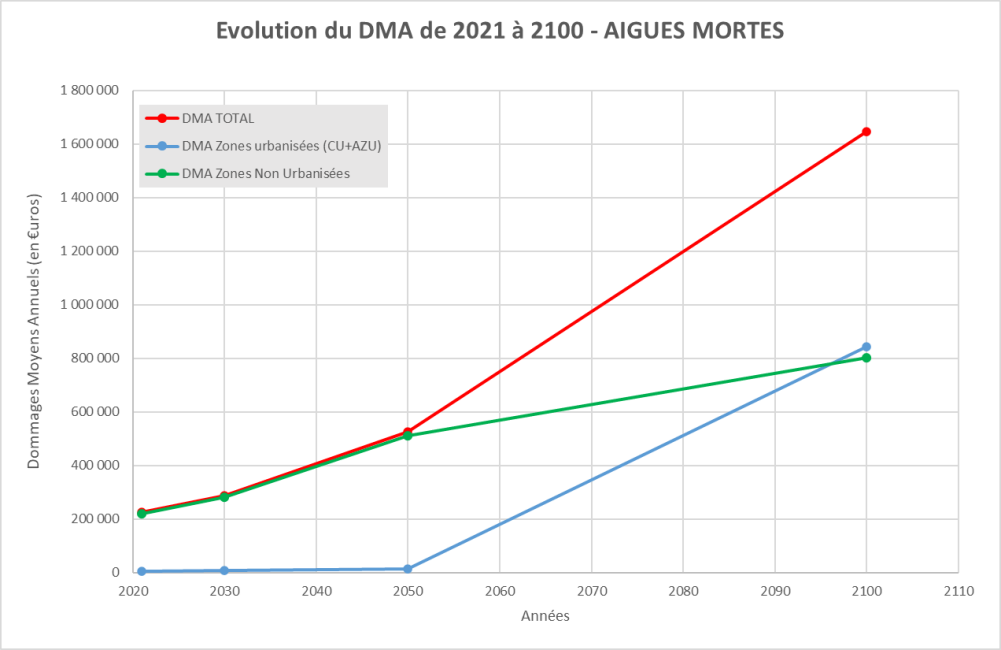




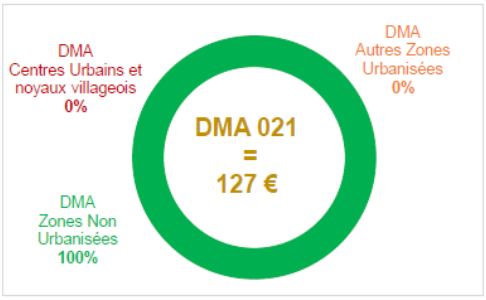


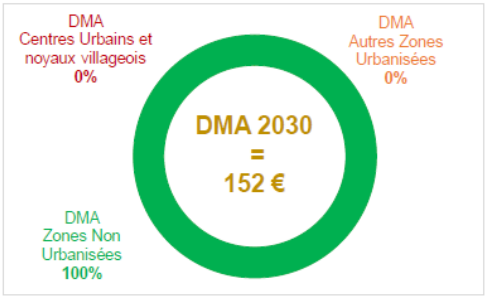


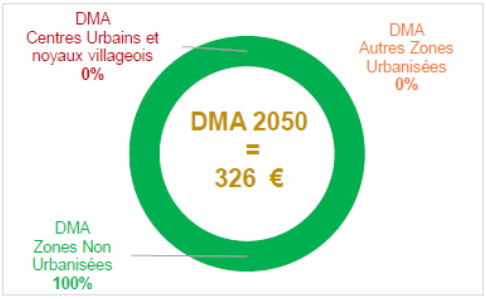

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - AIGUES MORTES
DMA TOTAL
DMA Centres Urbains et noyaux villageois
DMA Autres Zones Urbanisées
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
1 800 000
1 600 000
1 400 000
1 200 000
1 000 000
800 000
600 000
400 000
200 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

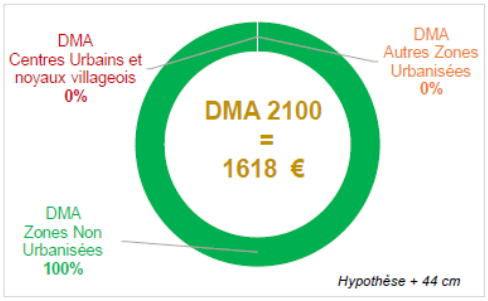

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - AIGUES MORTES
DMA TOTAL
DMA Zones urbanisées (CU+AZU)
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
1 800 000
1 600 000
1 400 000
1 200 000
1 000 000
800 000
600 000
400 000
200 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

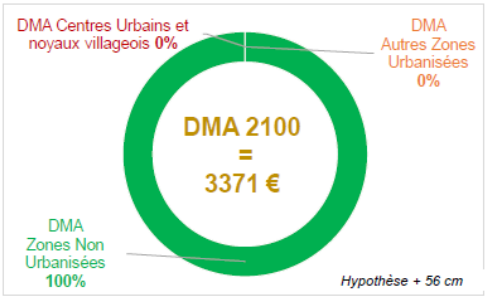
AIMARGUES :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

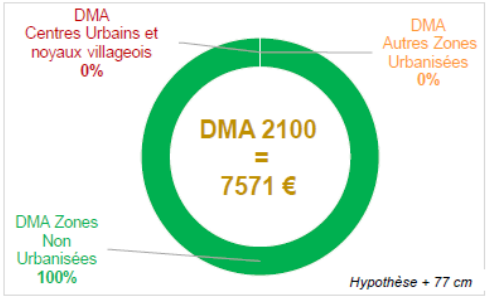


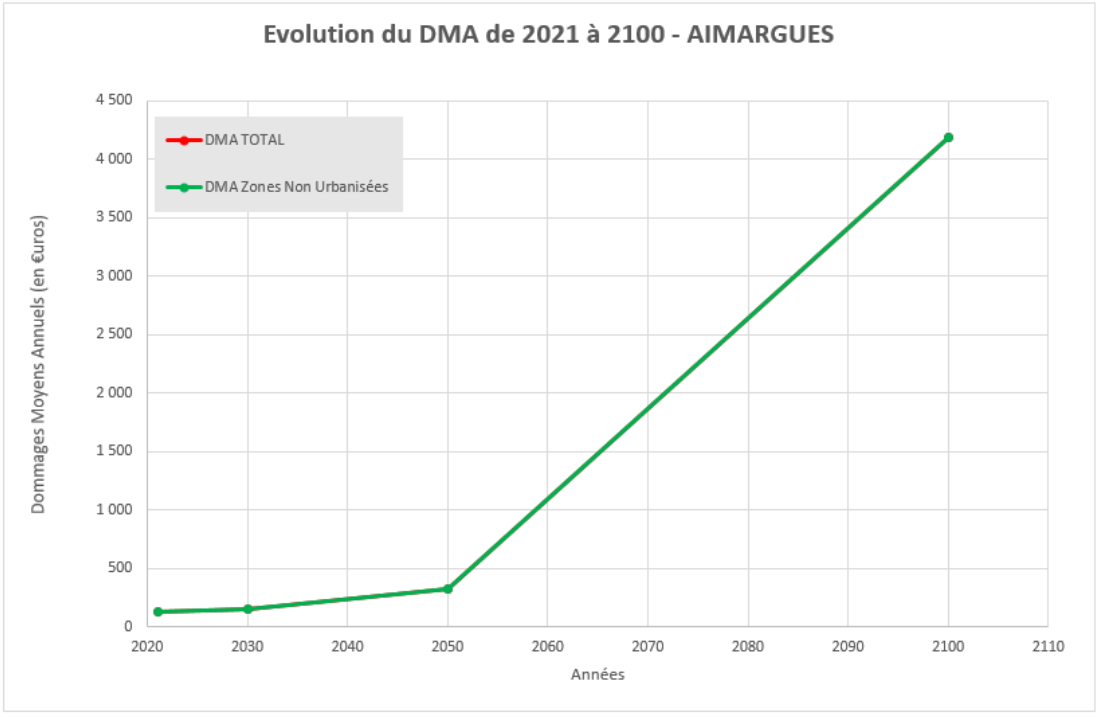




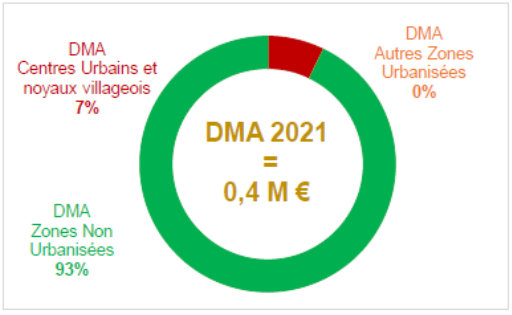


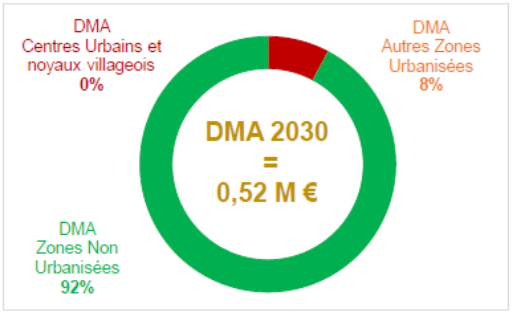


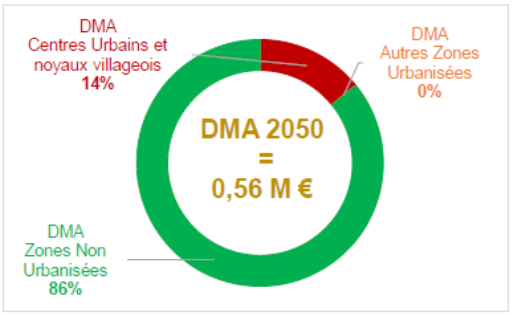


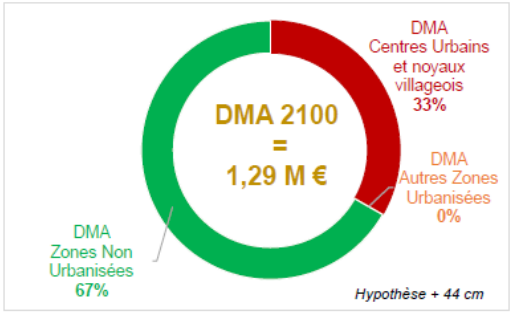


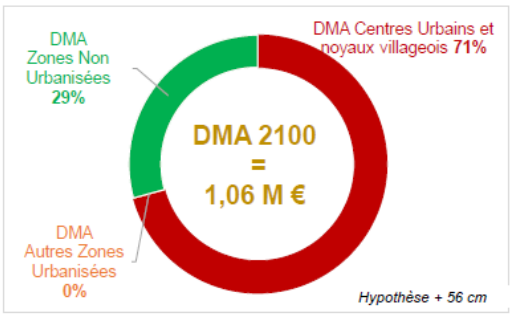
ARLES :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

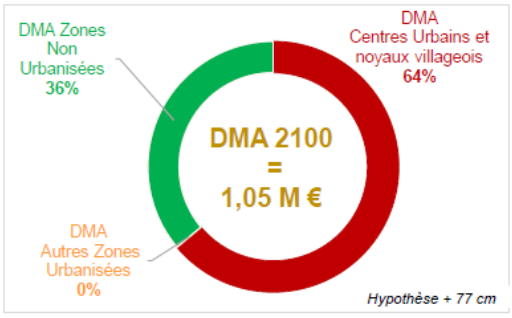


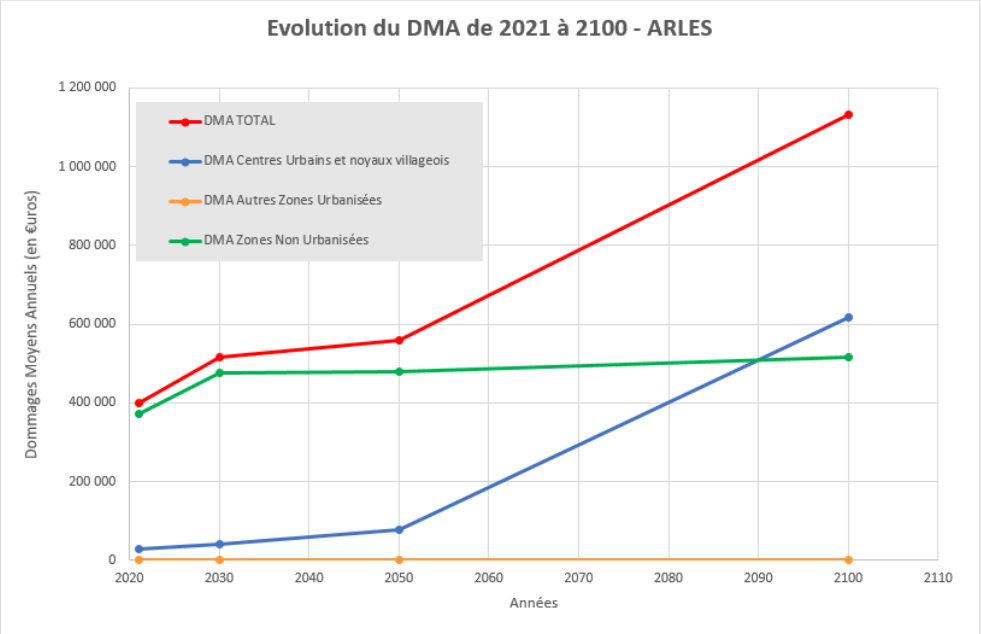


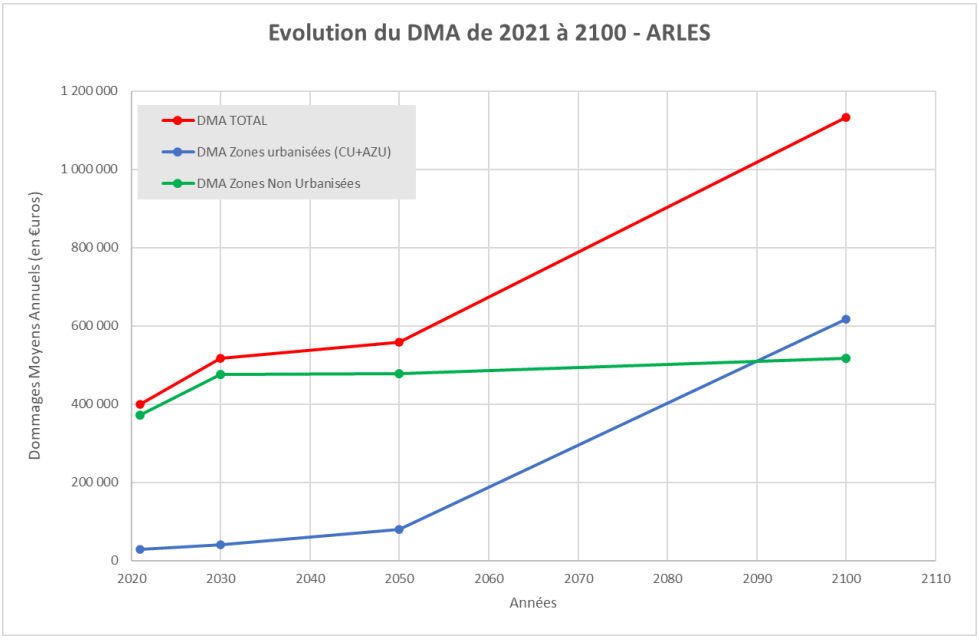




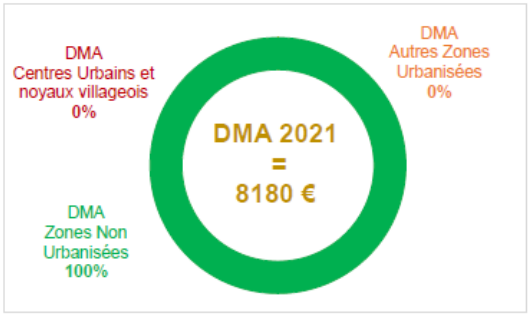


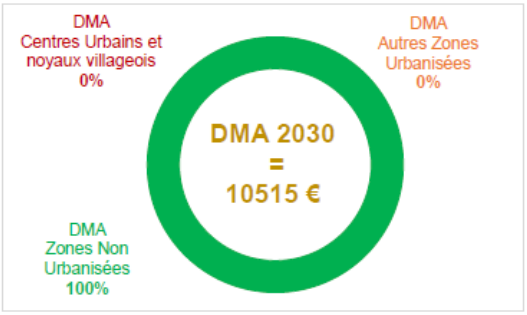


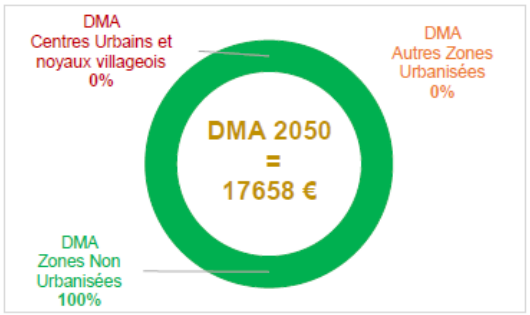

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - ARLES
DMA TOTAL
DMA Centres Urbains et noyaux villageois
DMA Autres Zones Urbanisées
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
1 200 000
1 000 000
800 000
600 000
400 000
200 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

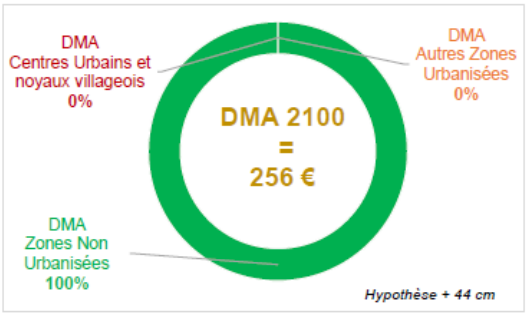

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - ARLES
DMA TOTAL
DMA Zones urbanisées (CU+AZU)
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
1 200 000
1 000 000
800 000
600 000
400 000
200 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

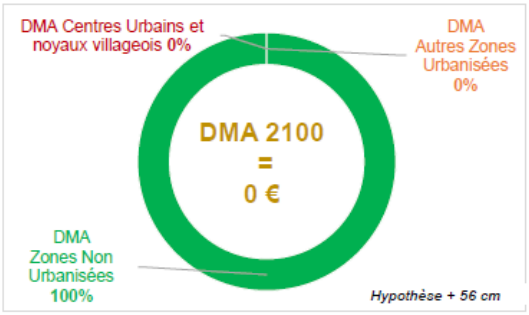
BEAUVOISIN :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

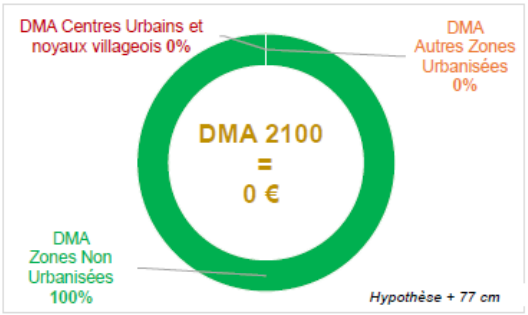


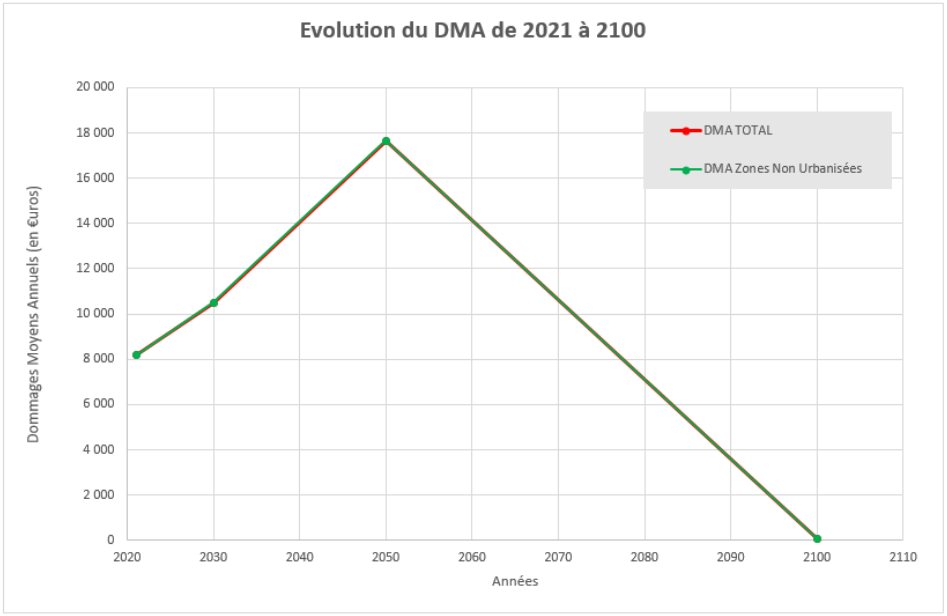




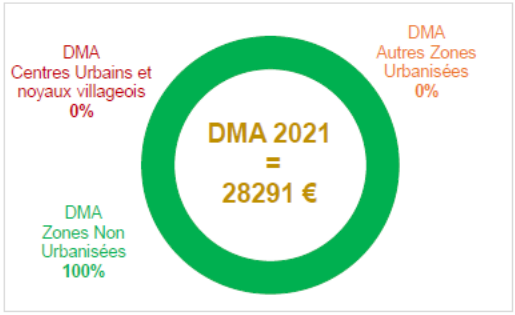


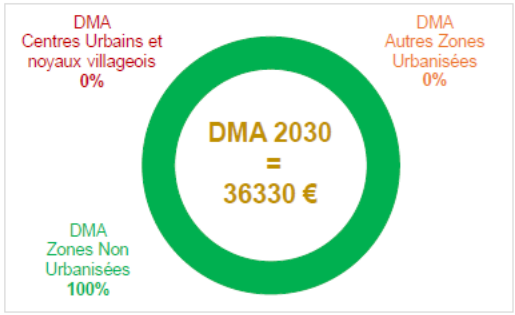


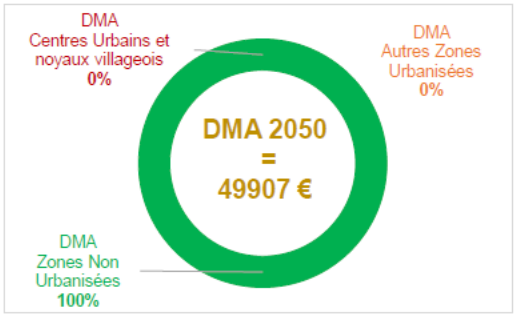


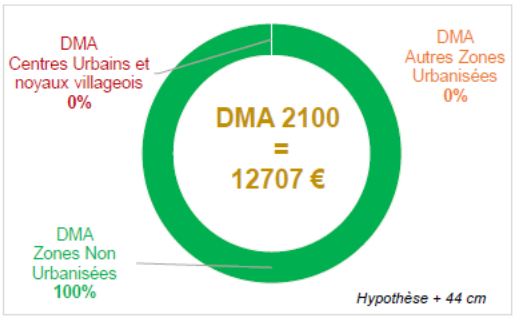


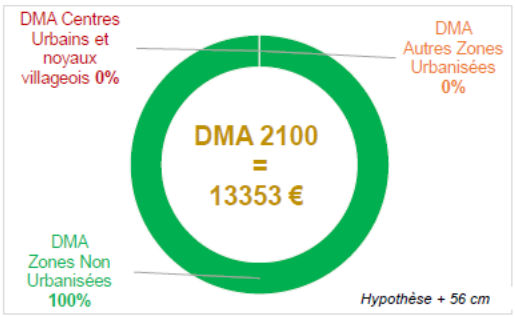
LE CAILAR :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

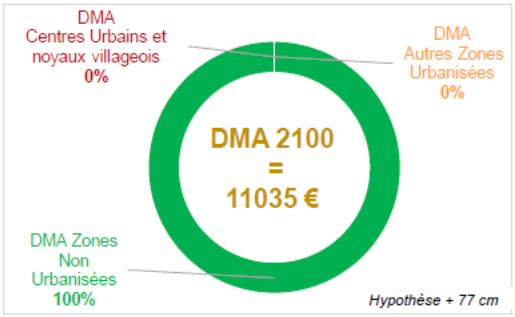


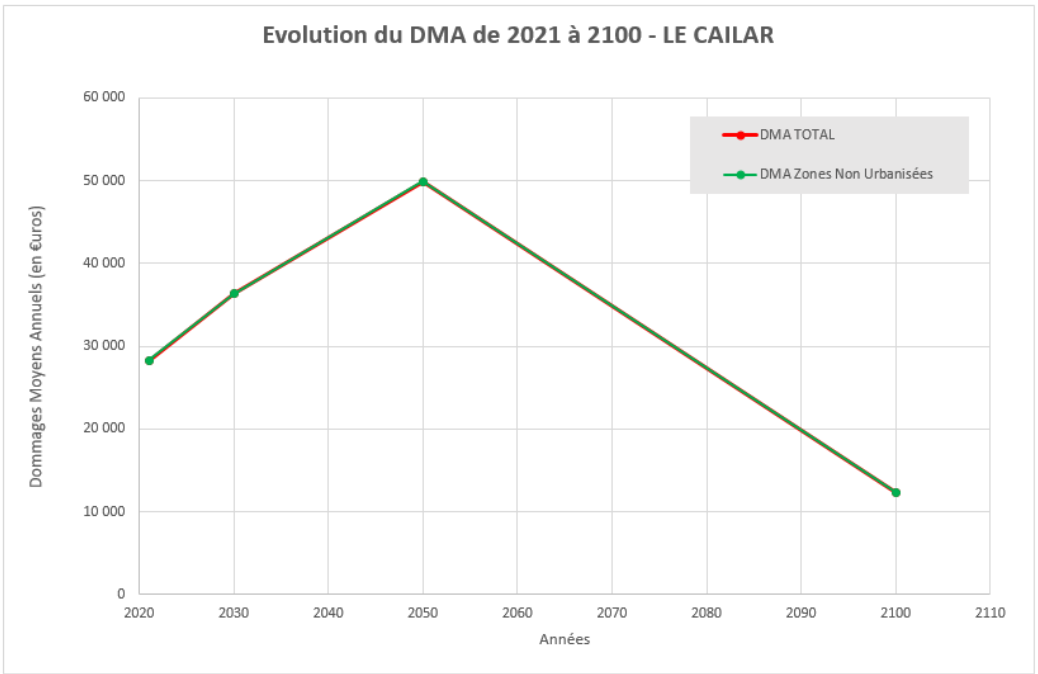




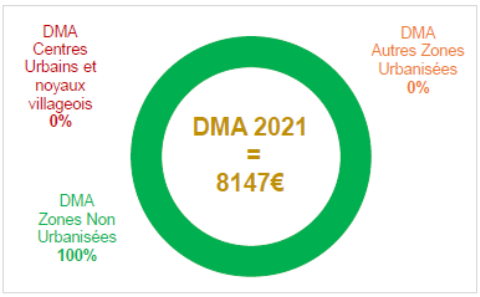


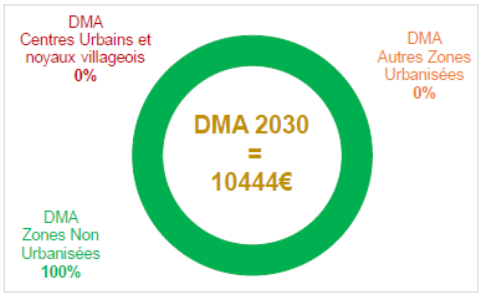


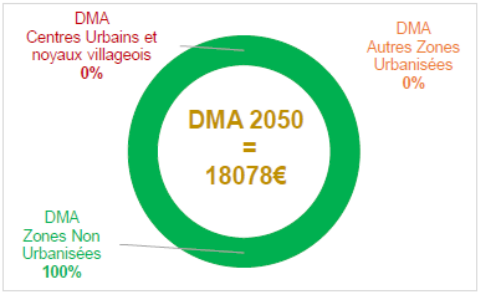


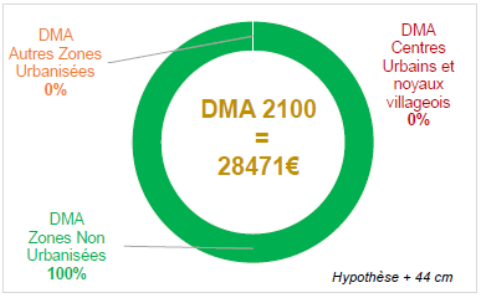


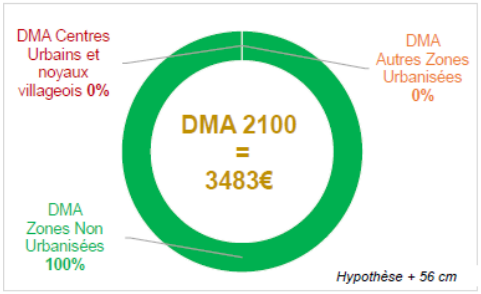
FONTVIEILLE :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

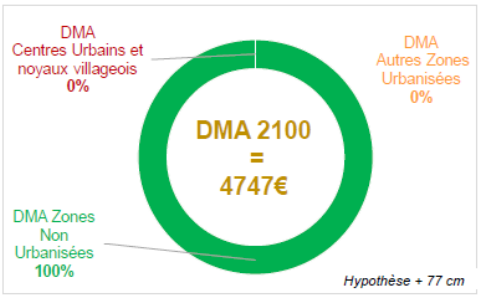


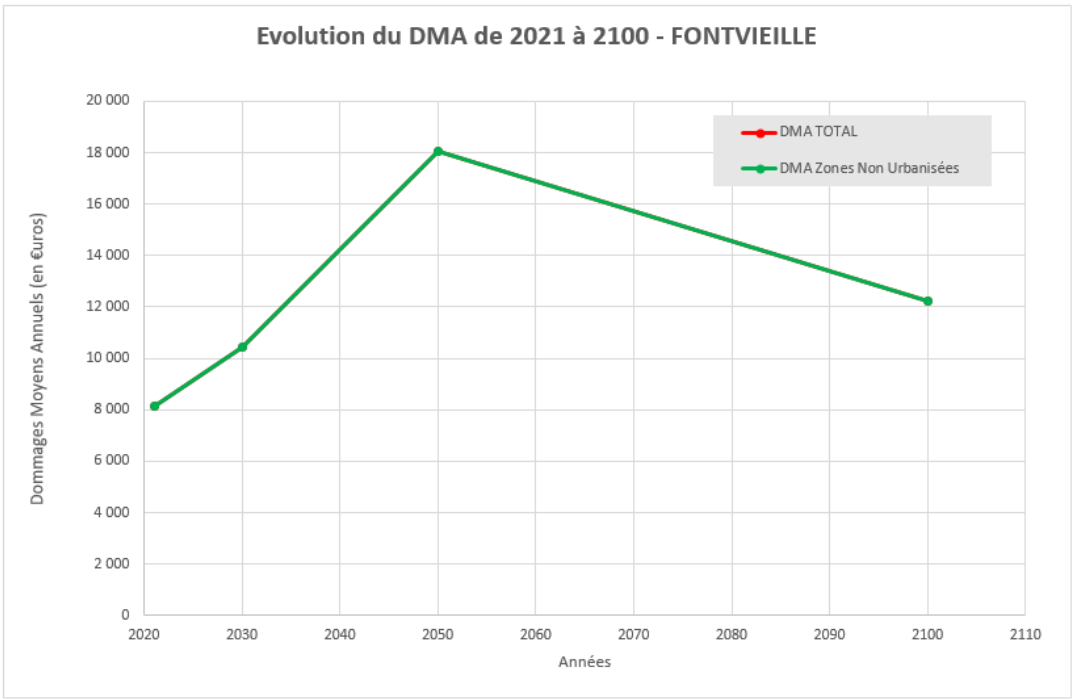




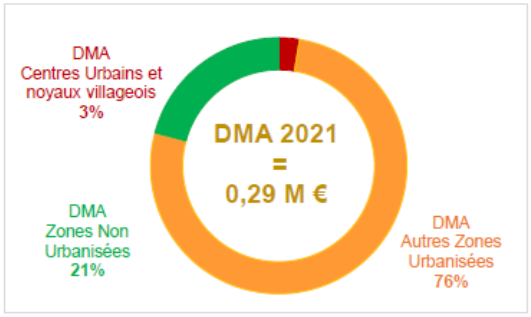


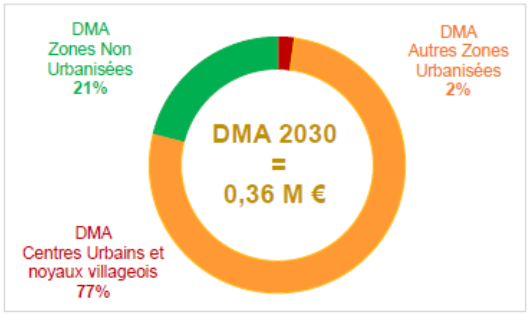


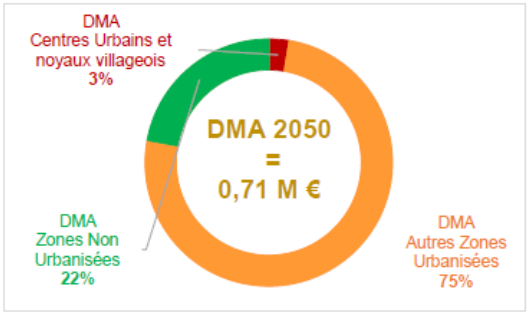


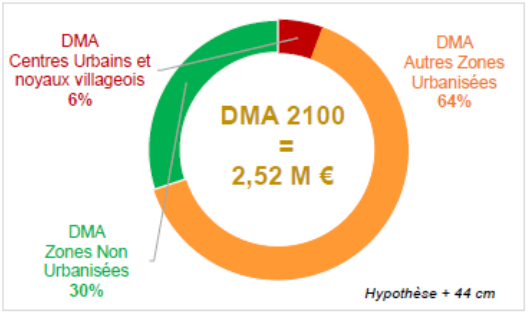


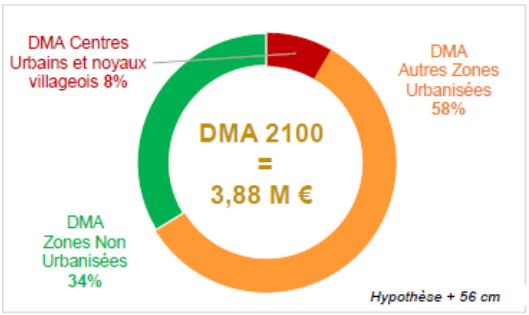
LE GRAU-DU-ROI : Dommages Moyens Annuels (DMA)

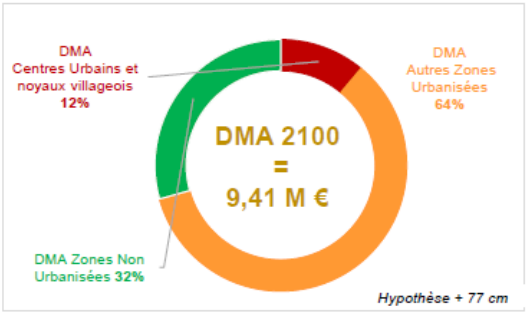


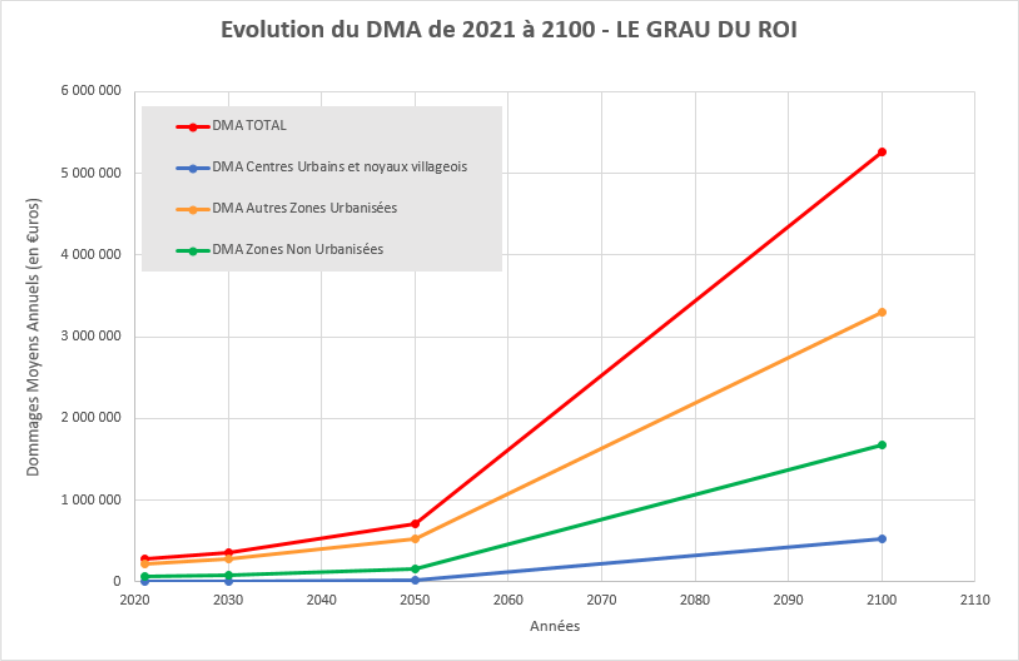


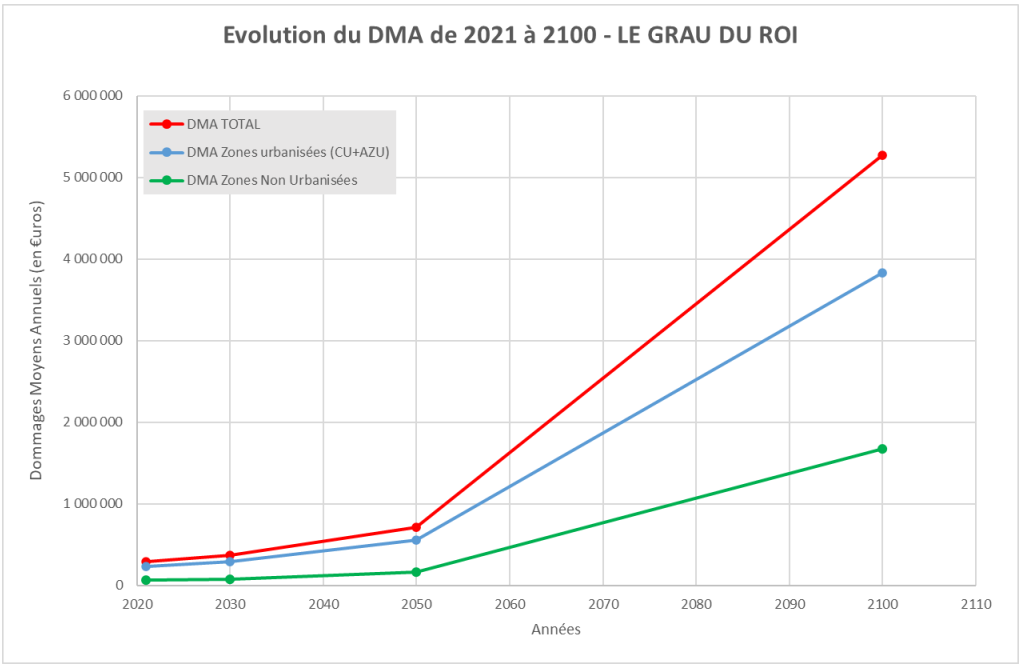




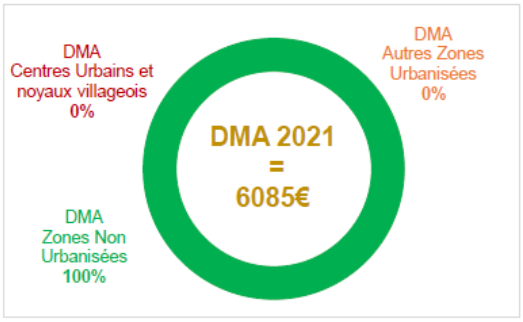


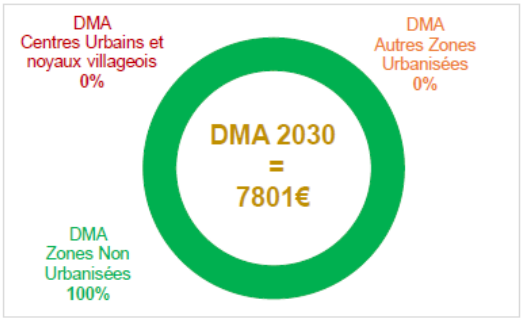


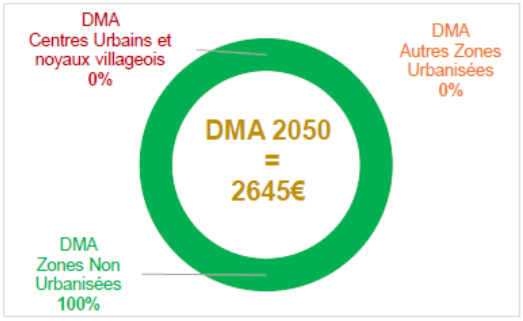

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - LE GRAU DU ROI
DMA TOTAL
DMA Centres Urbains et noyaux villageois
DMA Autres Zones Urbanisées
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
6 000 000
5 000 000
4 000 000
3 000 000
2 000 000
1 000 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

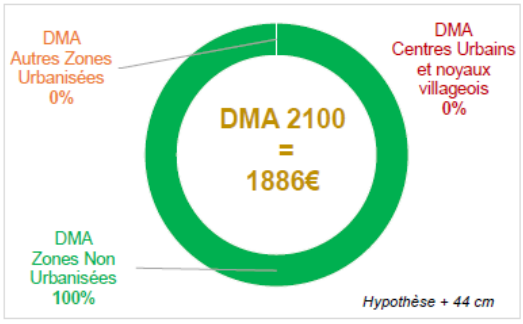

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - LE GRAU DU ROI
DMA TOTAL
DMA Zones urbanisées (CU+AZU)
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
6 000 000
5 000 000
4 000 000
3 000 000
2 000 000
1 000 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

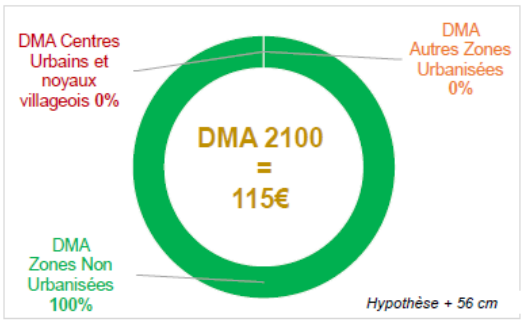
MAUSSANE-LES-ALPILLES : Dommages Moyens Annuels (DMA)

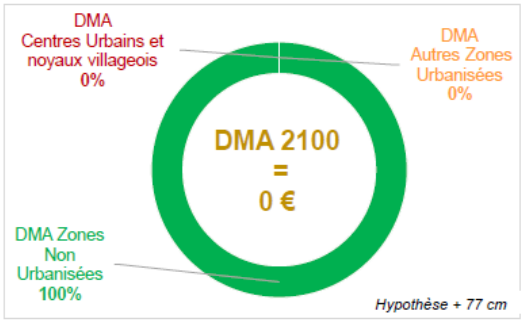


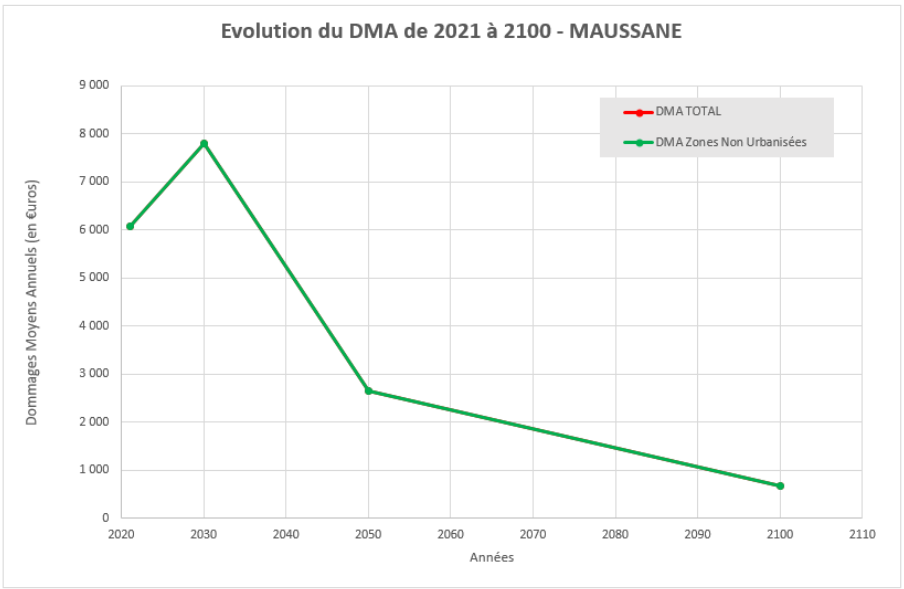




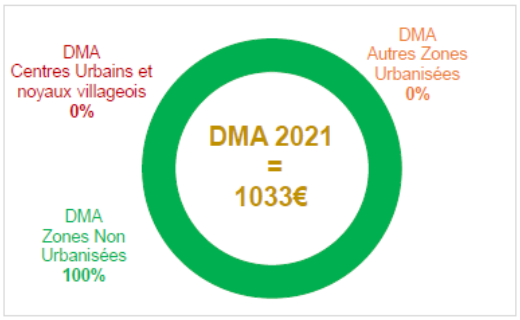


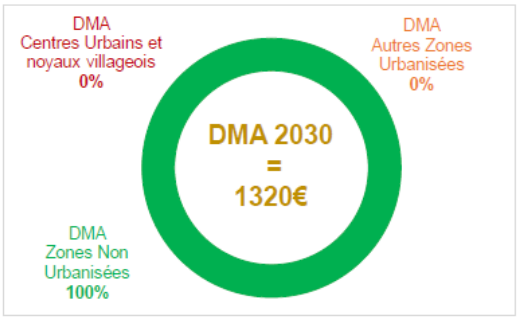


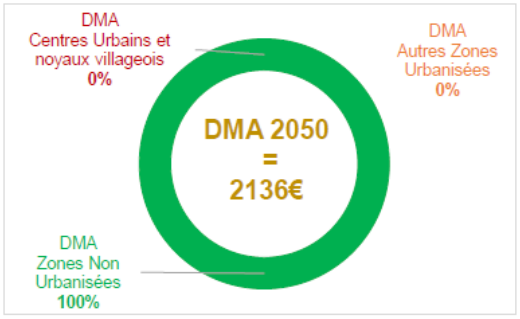


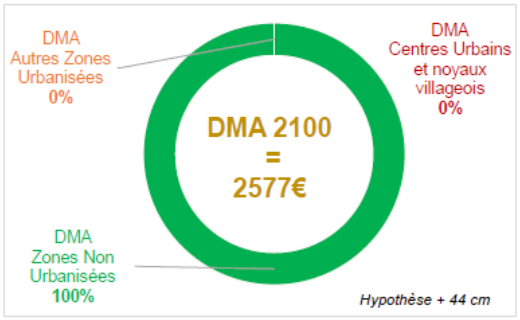


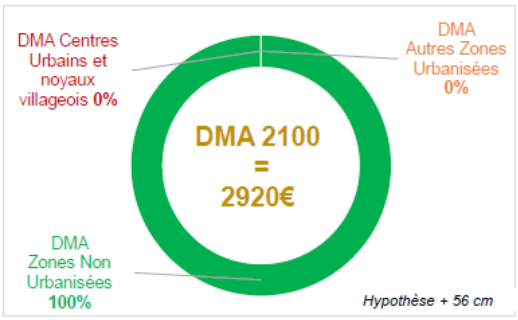
MOURIES :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

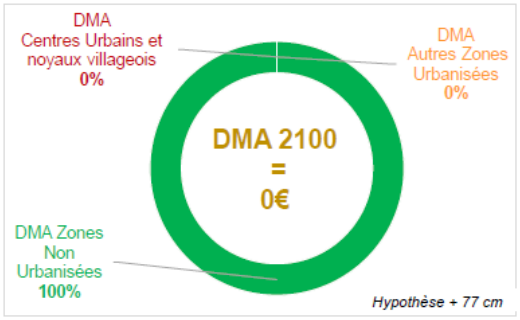


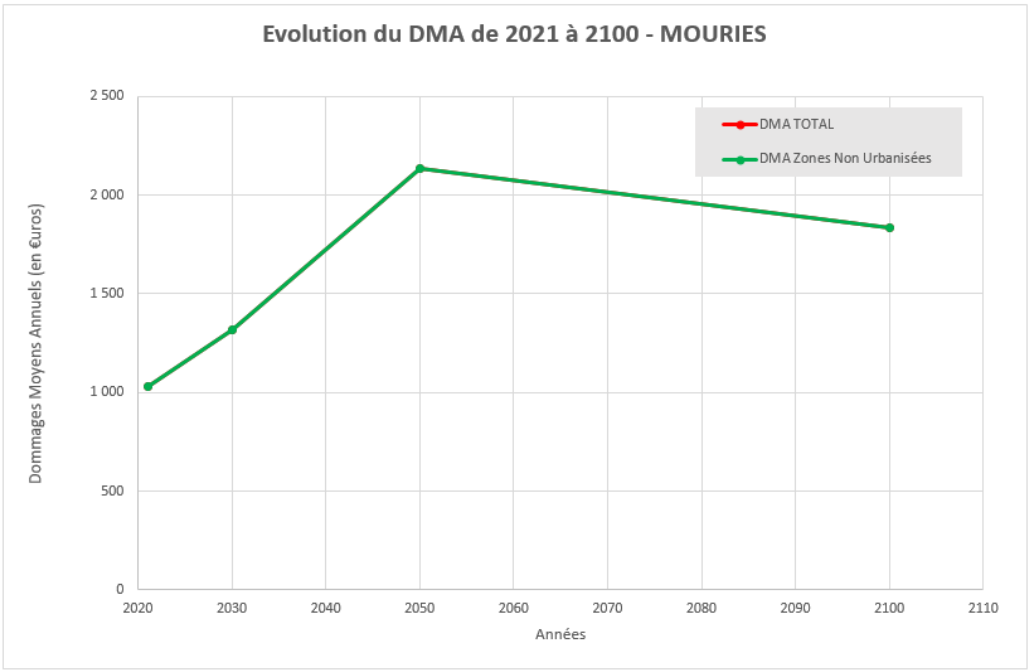




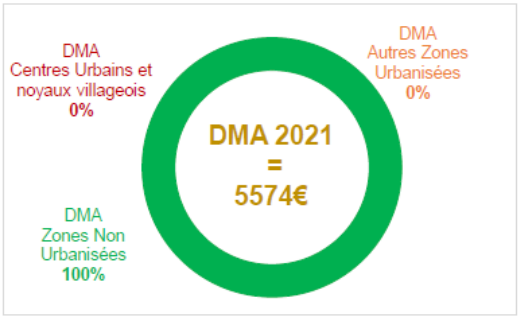


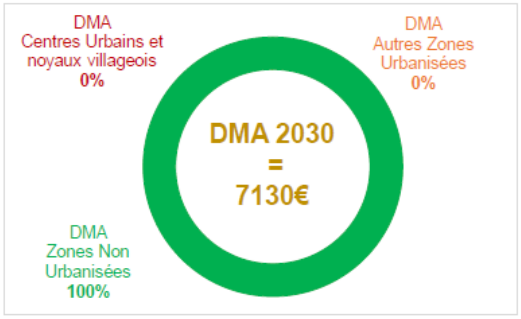


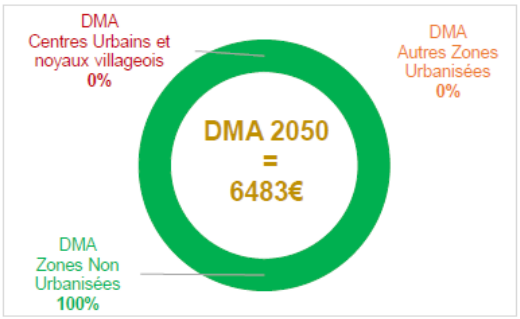


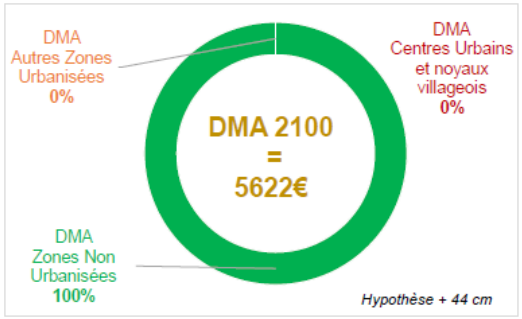


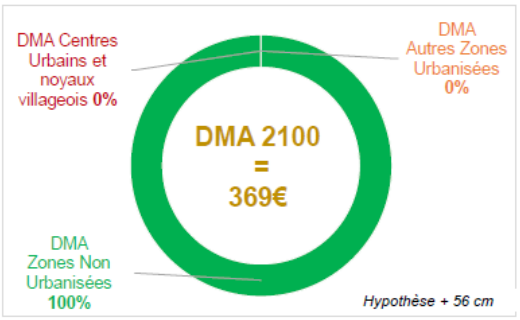
PARADOU :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

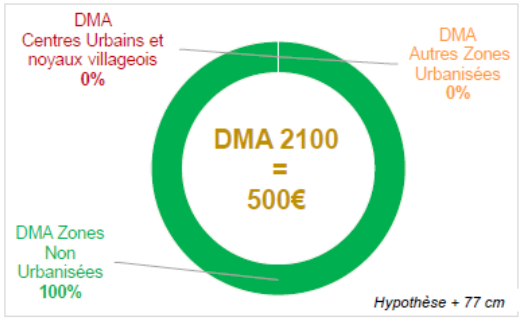


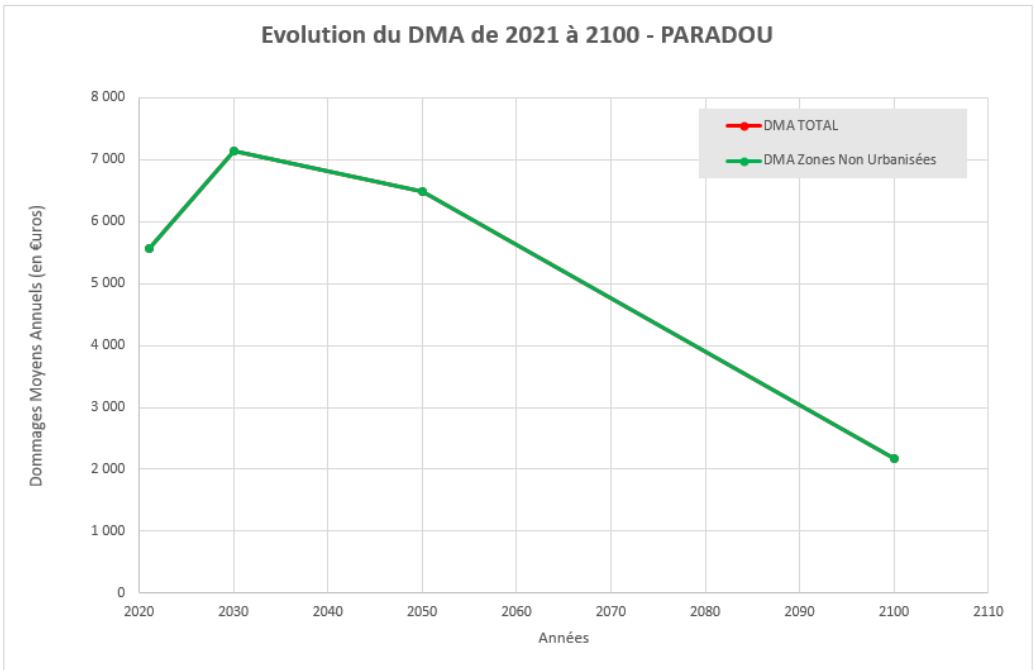




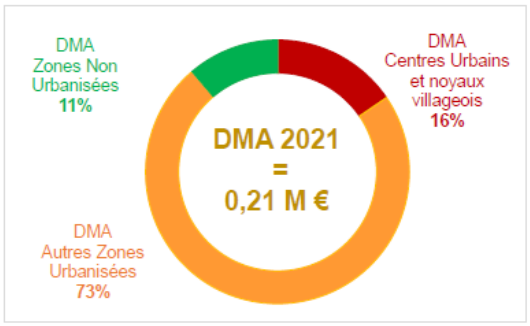


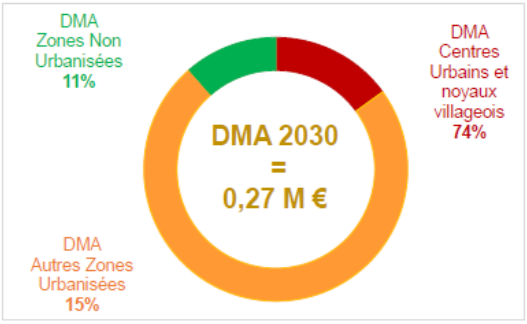


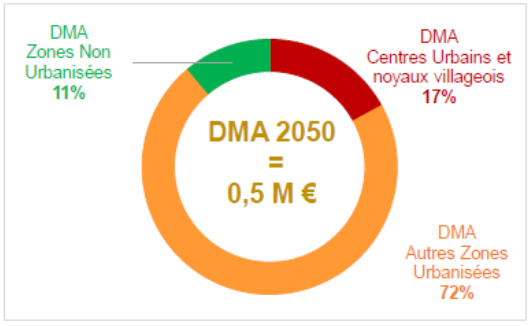


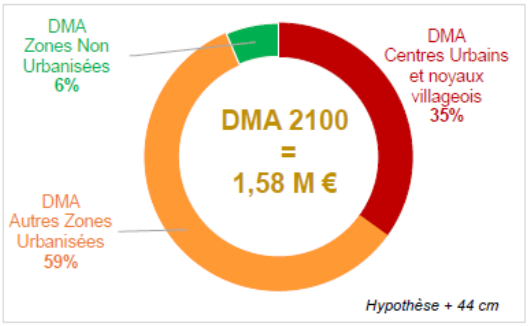


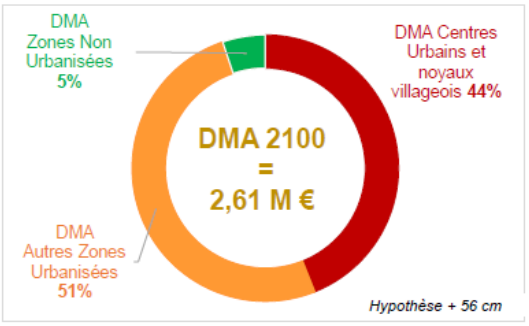
PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHONE : Dommages Moyens Annuels (DMA)

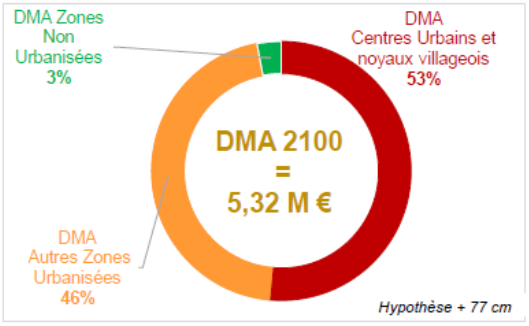


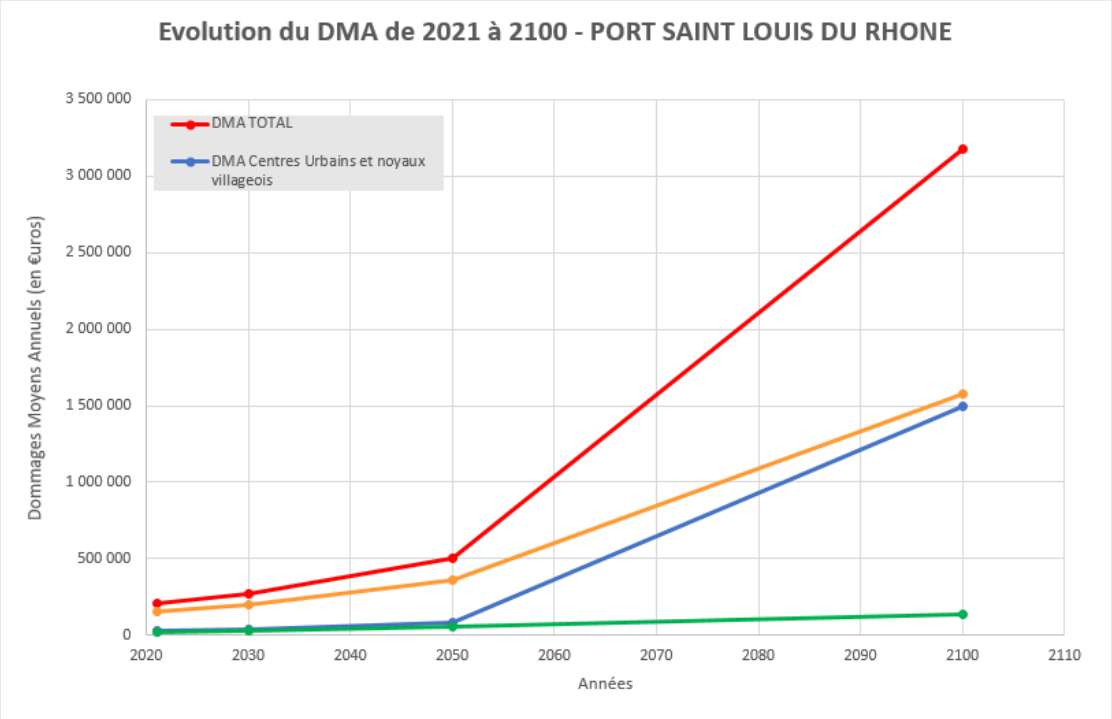


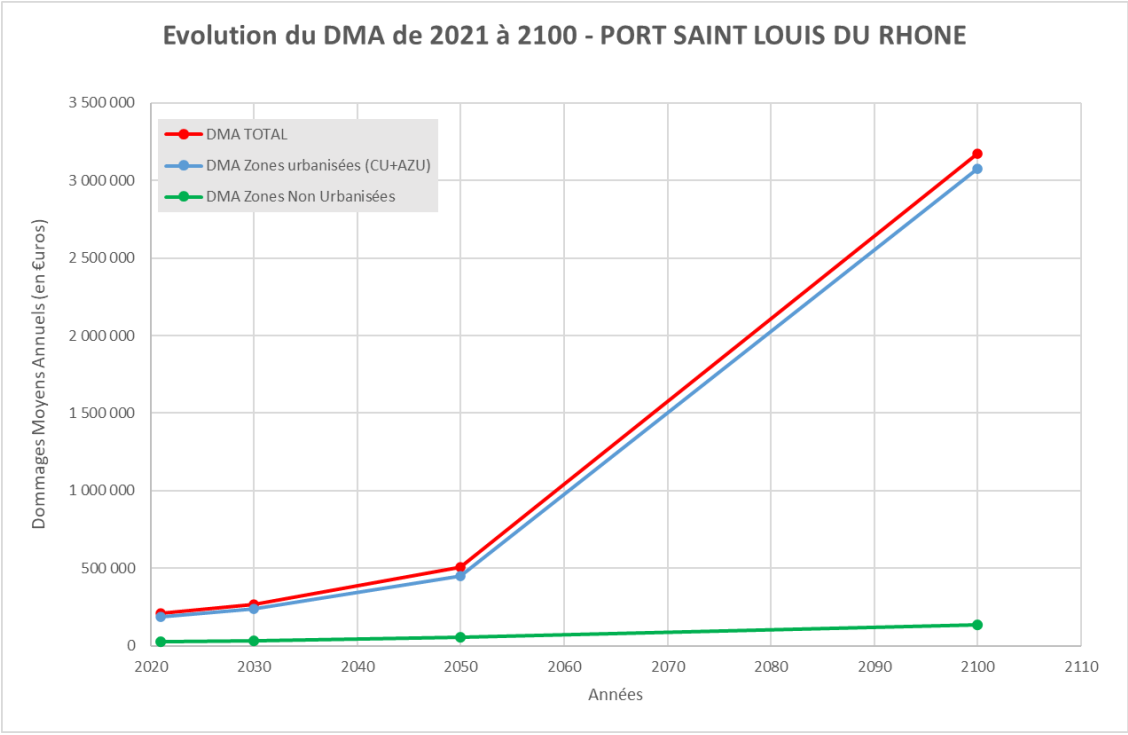




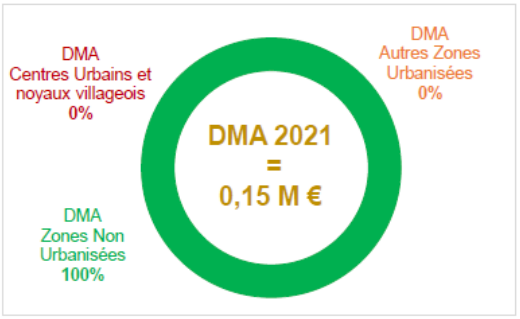


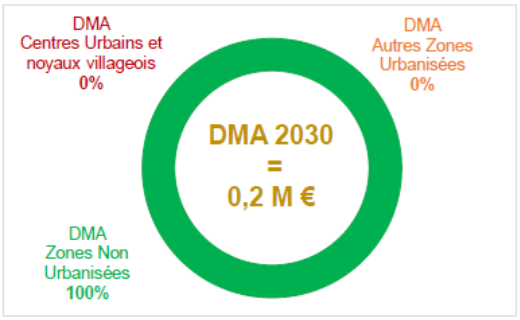


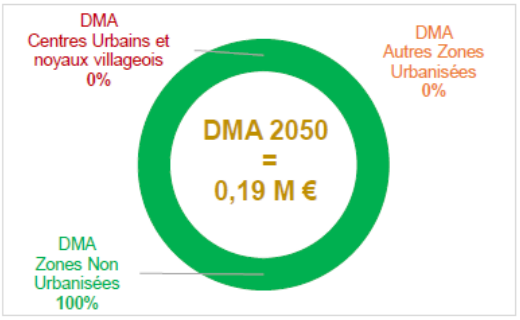

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - PORT SAINT LOUIS DU RHONE
DMA TOTAL
DMA Centres Urbains et noyaux villageois
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
3 500 000
3 000 000
2 500 000
2 000 000
1 500 000
1 000 000
500 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

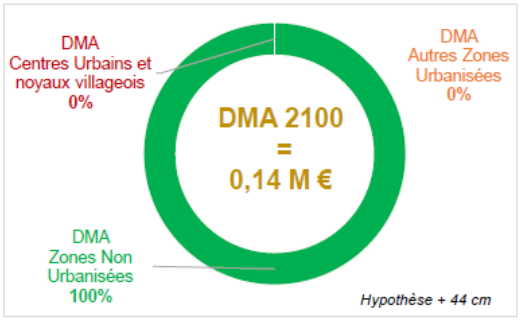

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - PORT SAINT LOUIS DU RHONE
DMA TOTAL
DMA Zones urbanisées (CU+AZU)
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
3 500 000
3 000 000
2 500 000
2 000 000
1 500 000
1 000 000
500 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

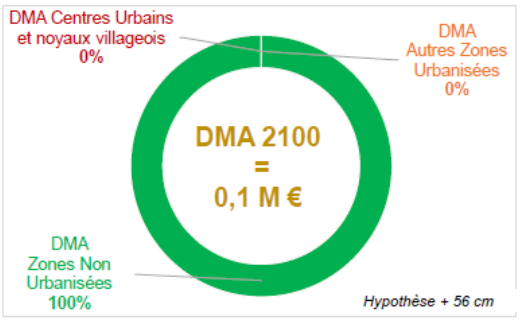
SAINT-GILLES :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

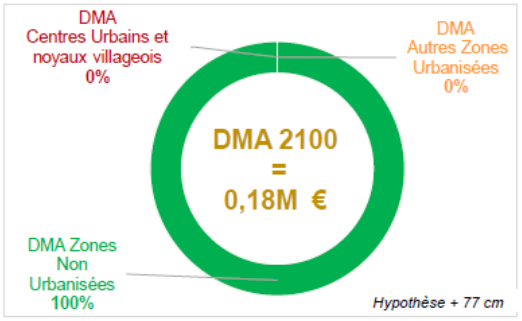


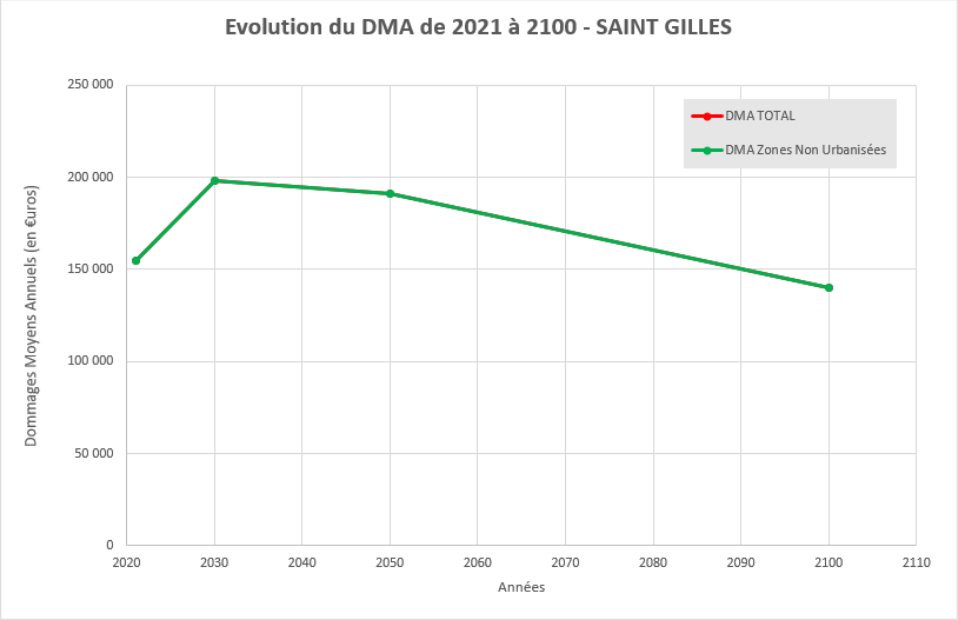




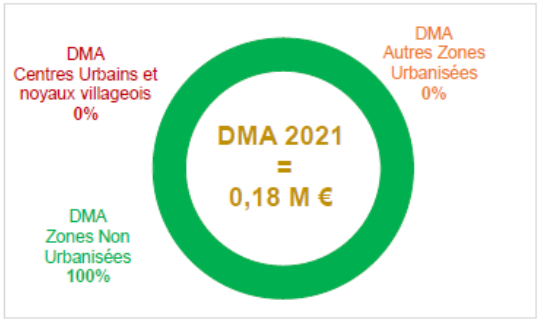


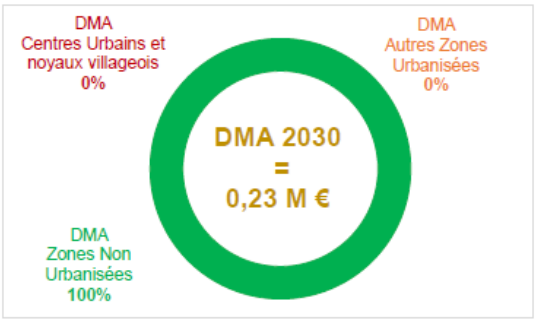


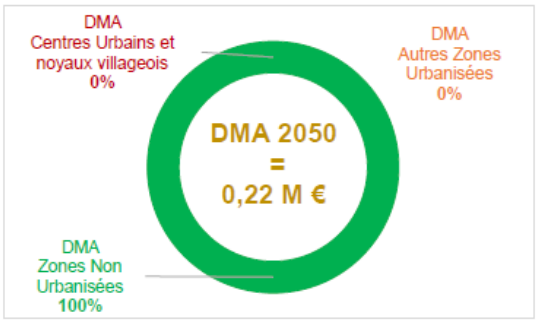


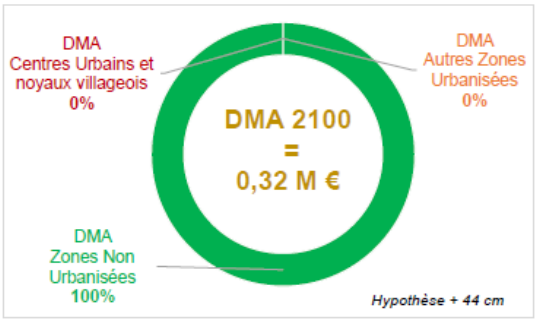


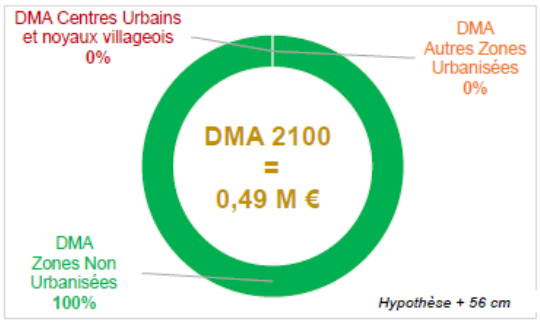
SAINT-LAURENT-D'AIGOUZE : Dommages Moyens Annuels (DMA)

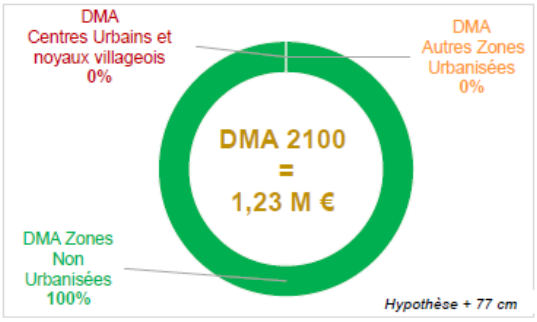


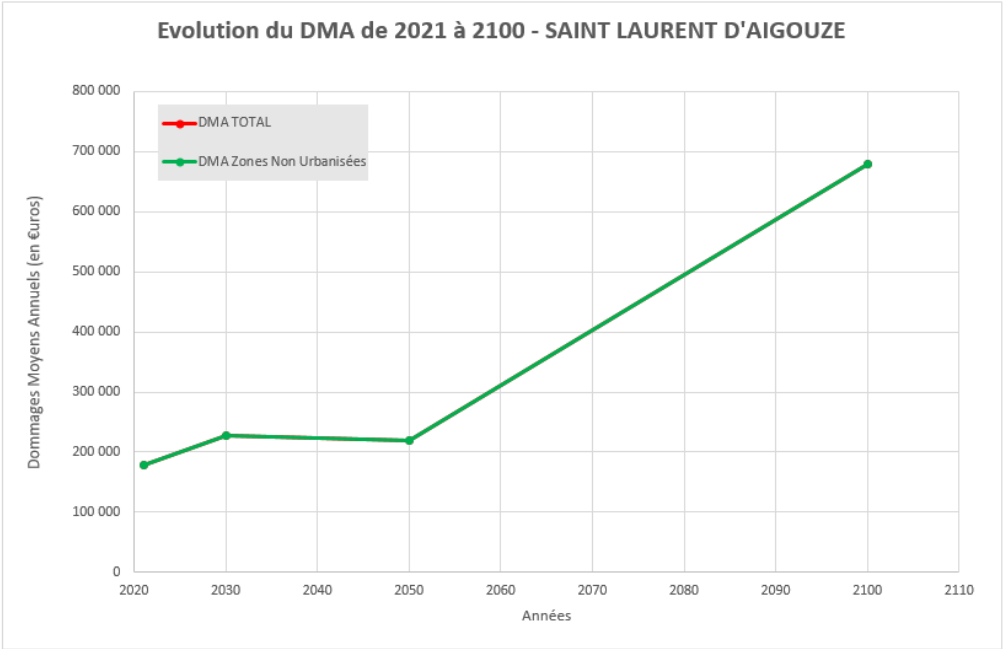




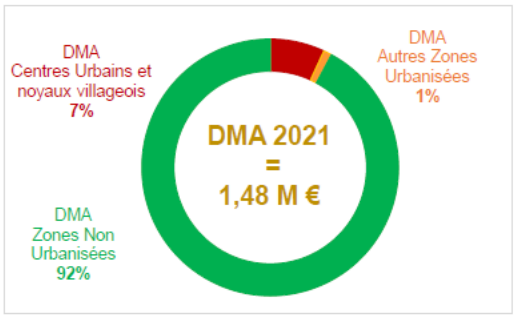


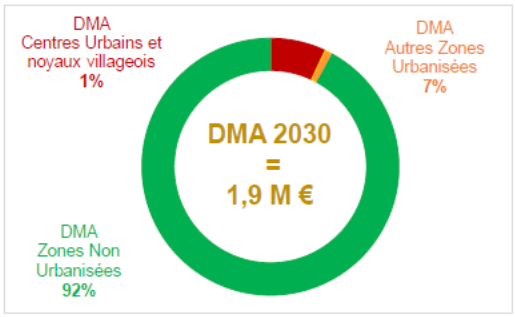


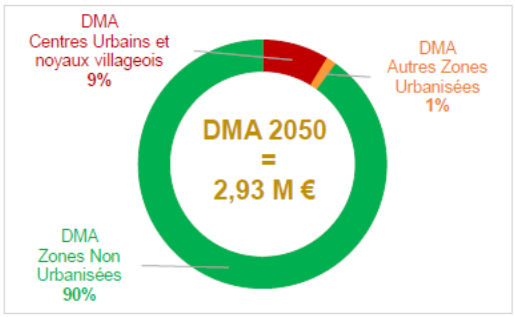


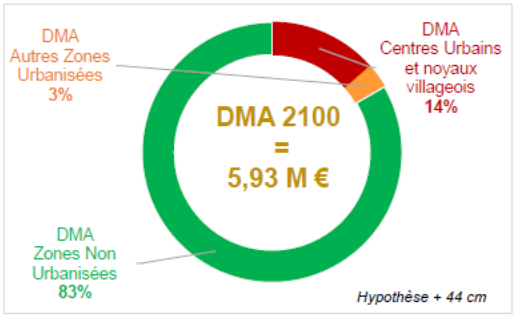


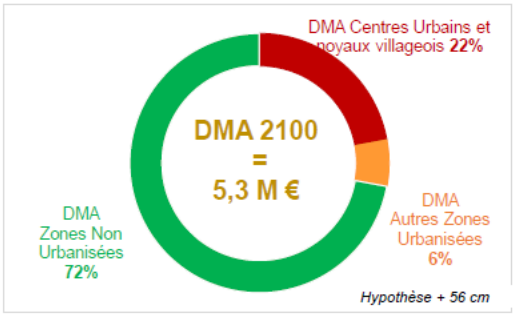
SAINTES-MARIES-DE-LA-MER : Dommages Moyens Annuels (DMA)

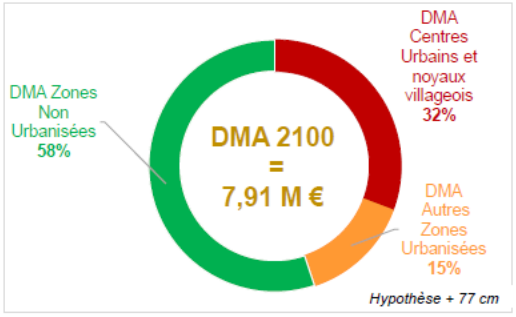


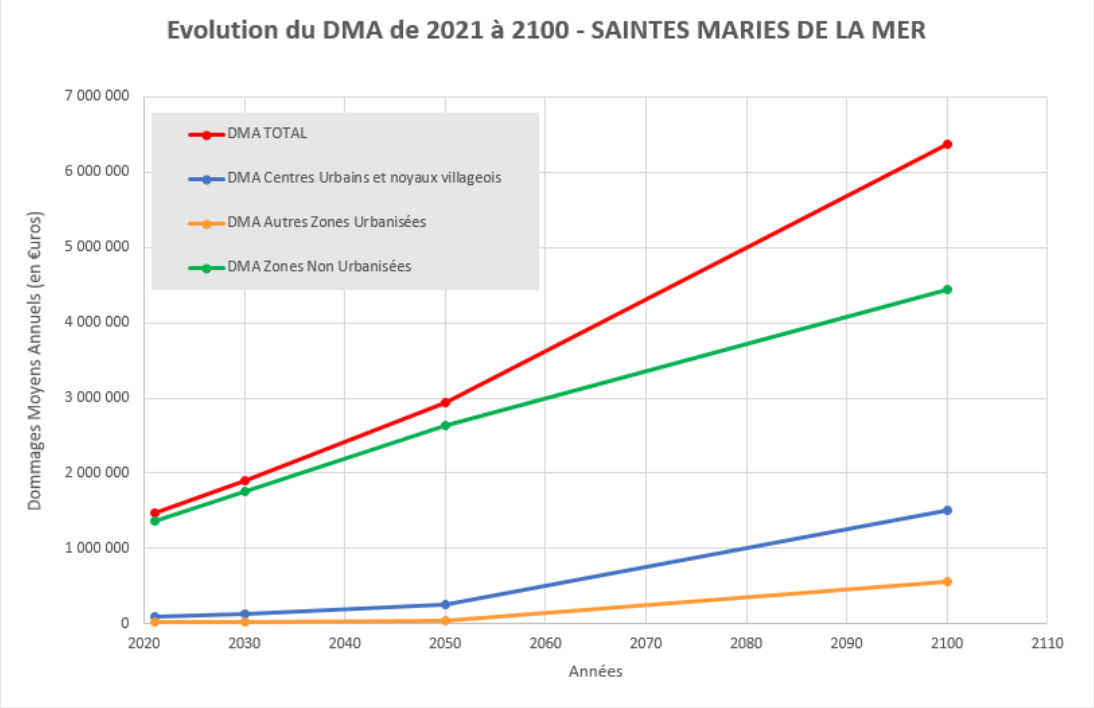


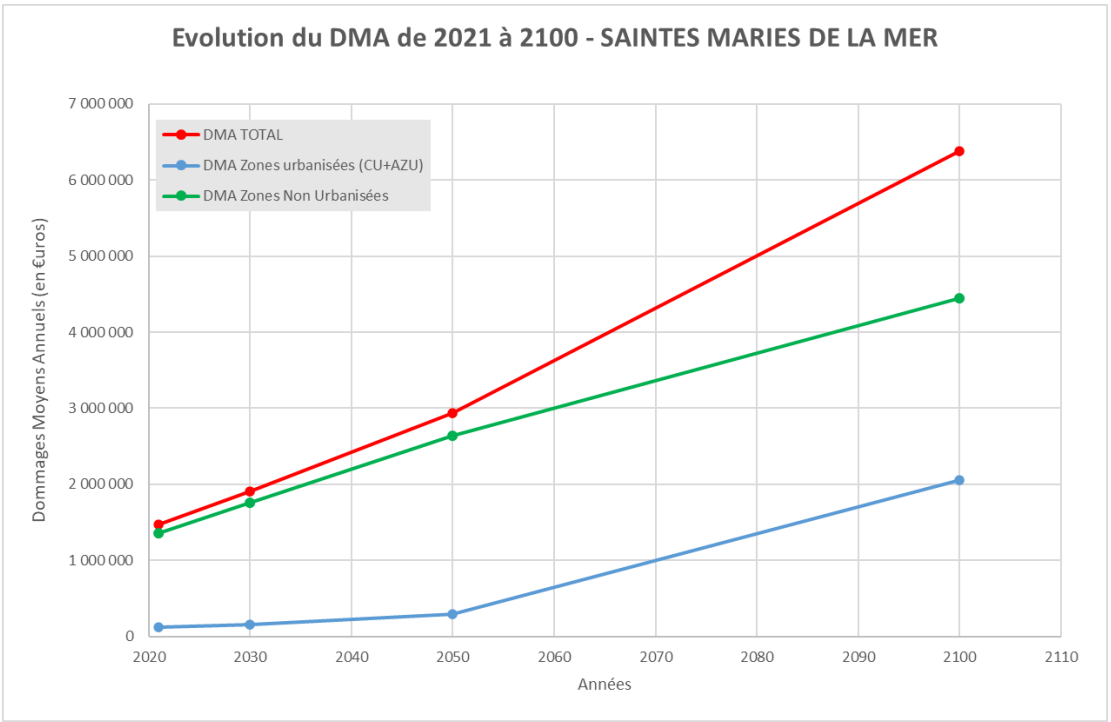




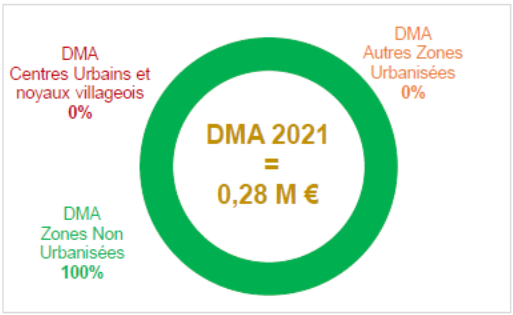


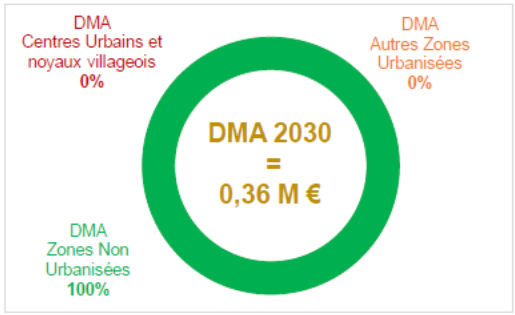


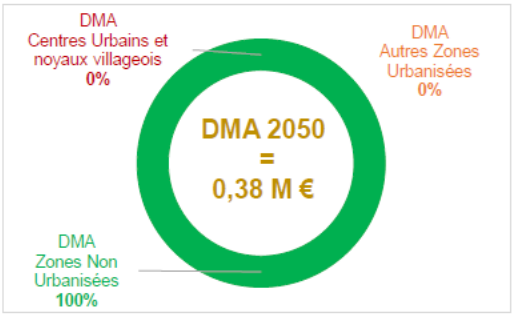

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - SAINTES MARIES DE LA MER
DMA TOTAL
DMA Centres Urbains et noyaux villageois
DMA Autres Zones Urbanisées
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
7 000 000
6 000 000
5 000 000
4 000 000
3 000 000
2 000 000
1 000 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

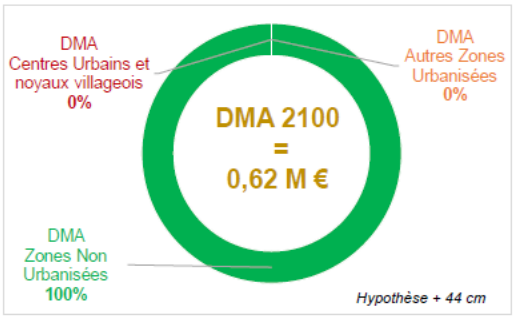

Evolution du DMA de 2021 à 2100 - SAINTES MARIES DE LA MER
DMA TOTAL
DMA Zones urbanisées (CU+AZU)
DMA Zones Non Urbanisées
Dommages Moyens Annuels (en €uros)
7 000 000
6 000 000
5 000 000
4 000 000
3 000 000
2 000 000
1 000 000
0
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
Années

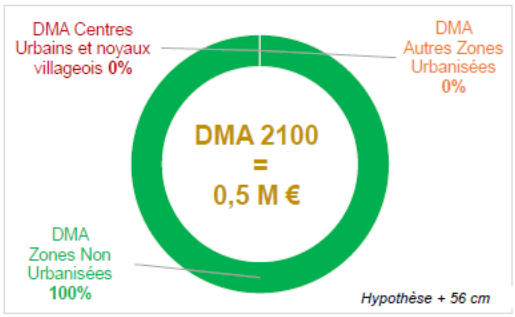
VAUVERT :
Dommages Moyens Annuels (DMA)

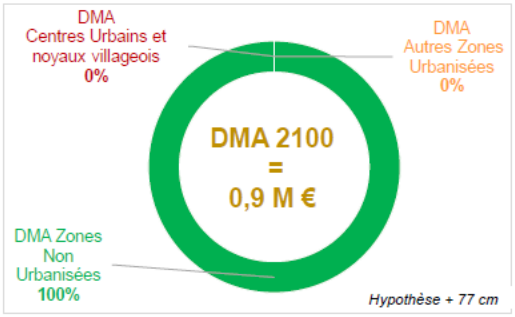


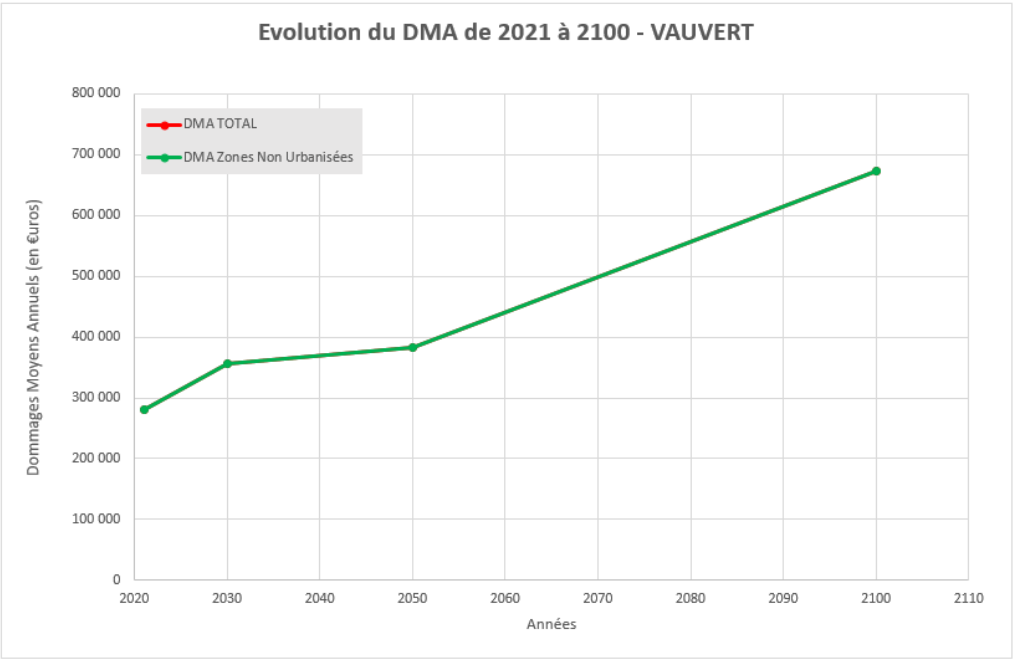


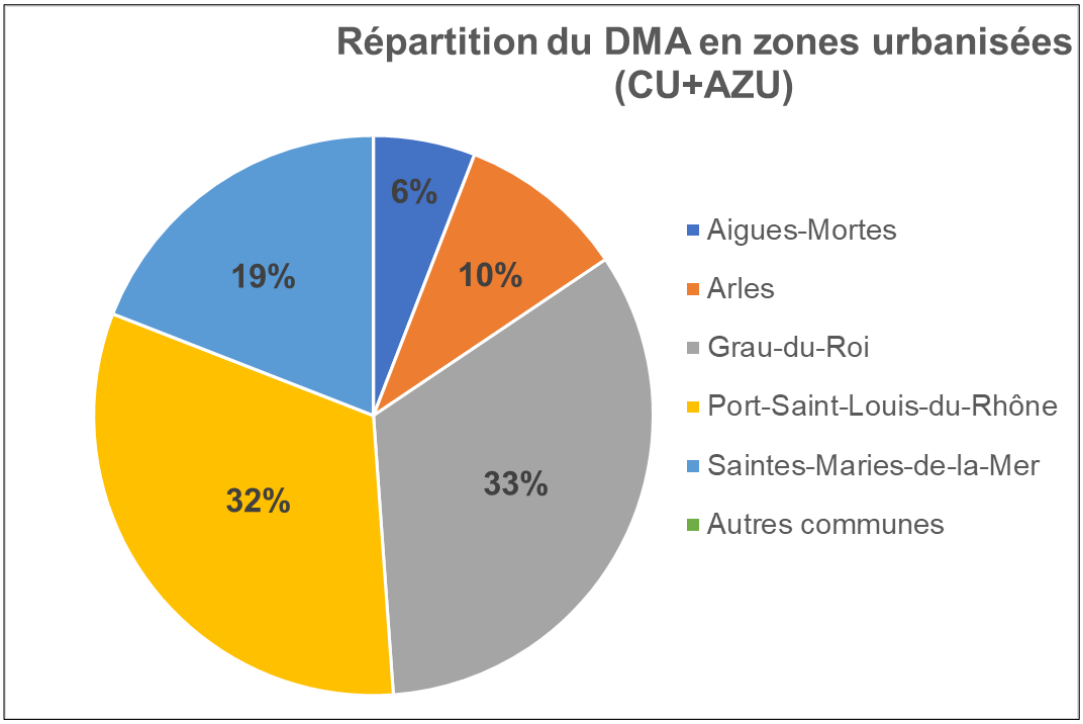


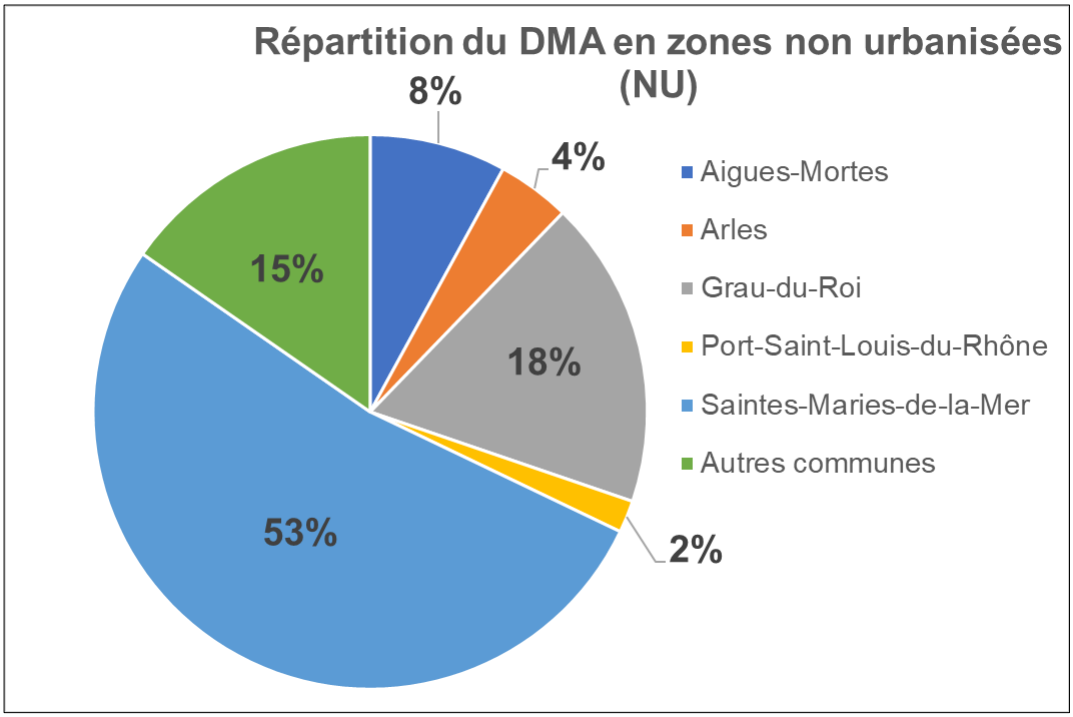




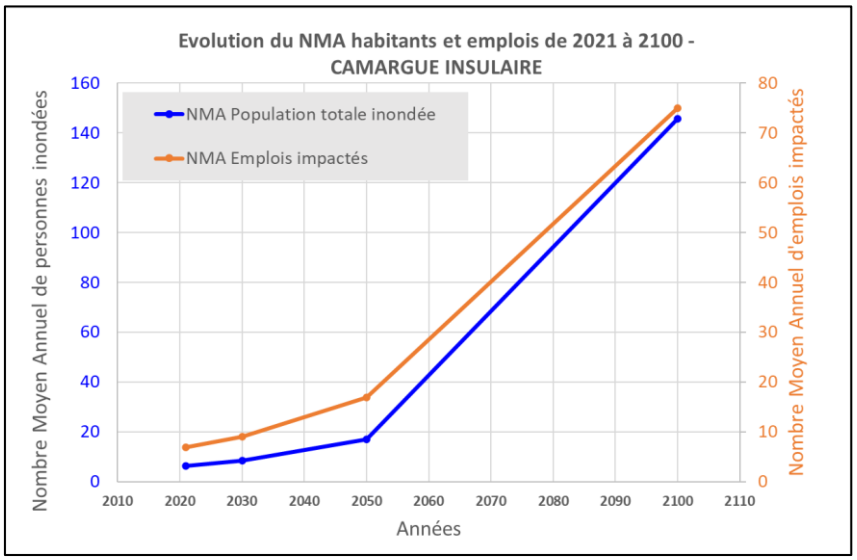


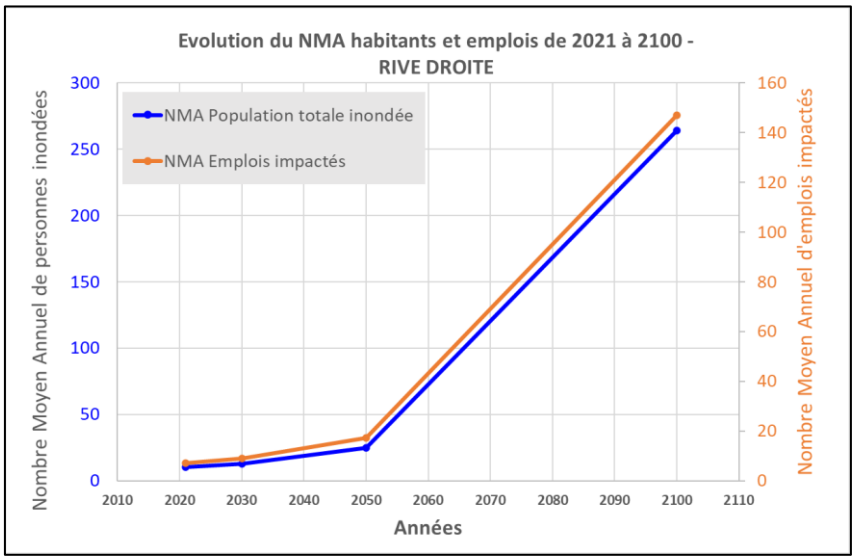


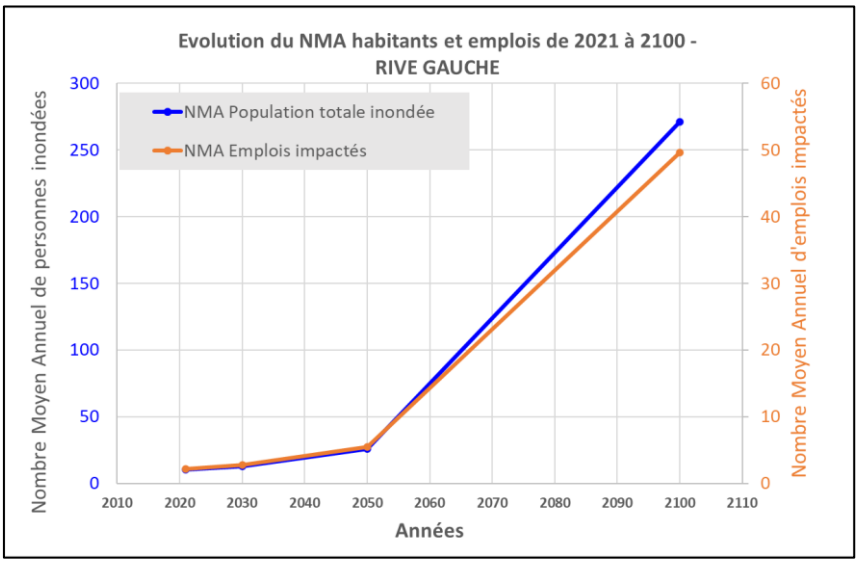

Répartition du DMA en zones urbanisées (CU+AZU)
6%
10%
33%
32%
19%
Aigues-Mortes
Arles
Grau-du-Roi
Port-Saint-Louis-du-Rhône
Saintes-Maries-de-la-Mer
Autres communes


Répartition du DMA en zones non urbanisées (NU)
8%
4%
18%
2%
53%
15%
Aigues-Mortes
Arles
Grau-du-Roi
Port-Saint-Louis-du-Rhône
Saintes-Maries-de-la-Mer
Autres communes

10.3.9 Nombre moyen annuel d'habitants et d'emplois par zone protégée

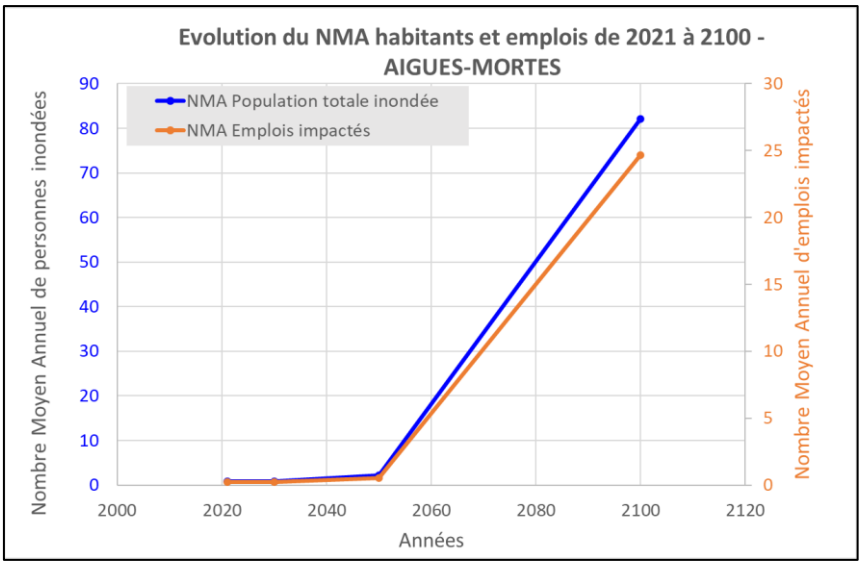


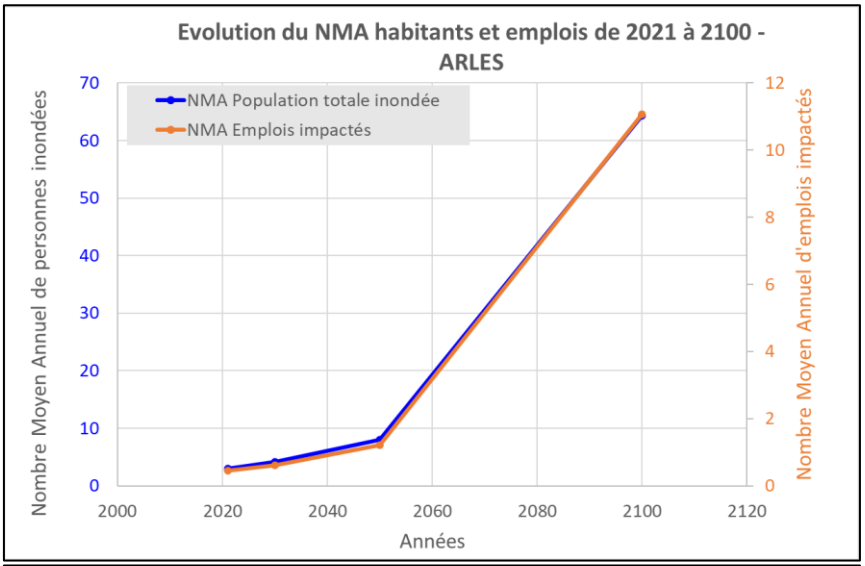


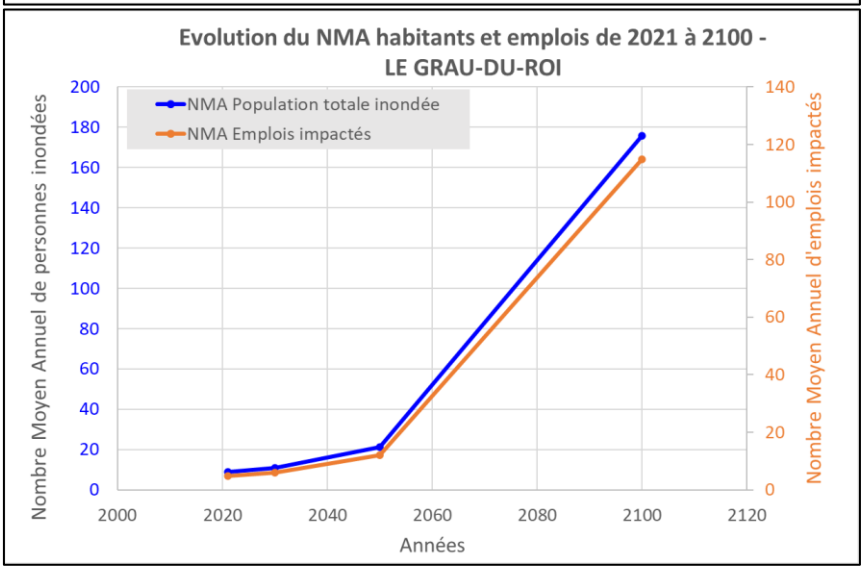


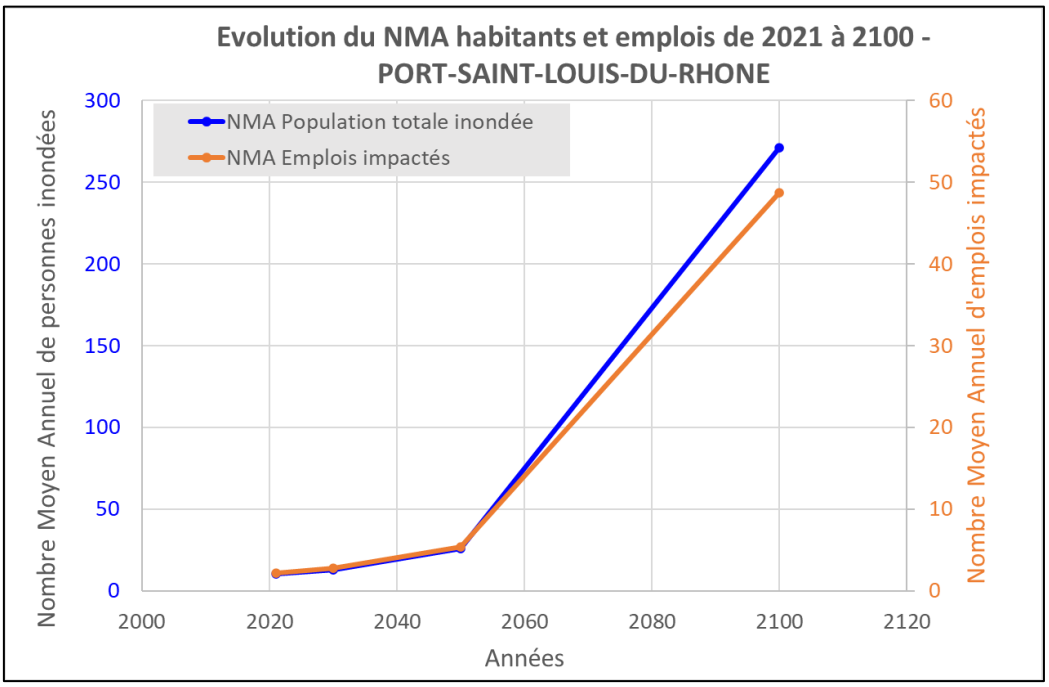
10.3.10.Nombre moyen annuel d'habitants et d'emplois par commune

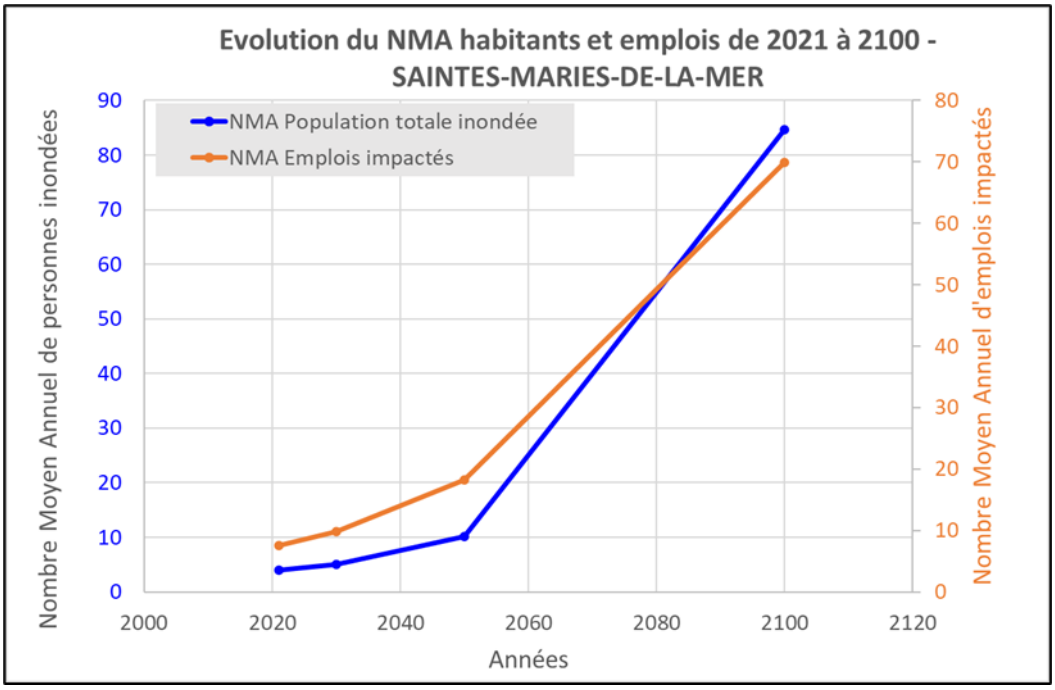
Les communes pour lesquelles les courbes ne sont pas présentées ont des NMA nuls ou proches de zéro.








Evolution du NMA habitants et emplois de 2021 à 2100 - PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHONE
NMA Population totale inondée
NMA Emplois impactés
Nombre Moyen Annuel de personnes inondées
Nombre Moyen Annuel d'emplois impactés
Années
0
50
100
150
200
250
300
0
10
20
30
40
50
60
2000
2020
2040
2060
2080
2100
2120


Evolution du NMA habitants et emplois de 2021 à 2100 - SAINTES-MARIES-DE-LA-MER
NMA Population totale inondée
NMA Emplois impactés
Nombre Moyen Annuel de personnes inondées
Nombre Moyen Annuel d'emplois impactés
Années
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
0
10
20
30
40
50
60
70
80
2000
2020
2040
2060
2080
2100
2120

10.4 ANNEXE 4 : SOURCES DES BASES DE DONNEES UTILISEES POUR LE RECENSEMENT DES ENJEUX

Population et bâtiments de logements

La base de données des **fichiers fonciers MAJIC** (Mise à Jour des Informations Cadastrales) extraite au 1er Janvier 2017 par la DGFiP, puis retravaillée par le Cerema, est exploitée pour géolocaliser les logements et identifier les logements individuels et collectifs, à travers la combinaison de trois variables.

Il s'agit de données déclaratives issues des impôts fonciers. Cette base ne comprend pas les constructions récentes (2 ans) exonérées de taxe foncière.
Du fait du temps de latence pour la transmission et l'inscription des dossiers dans la base de données, le millésime 2017 ne contient pas la totalité des locaux d'habitation construits au cours de l'année 2016.

C'est pourquoi, la base de données de l'IGN, plus précisément la **BD TOPO** (version la plus récente à ce jour, Avril 2019) vient en complément des données MAJIC. Cette dernière est certes moins précise que les données du foncier, mais contient des bâtiments d'habitation qui ne sont pas encore dans les fichiers fonciers. Elle est enrichie à partir du cadastre et des prises de vues aériennes à un instant t (Exhaustivité 95%).

Activités économiques hors secteur agricole

La base de données utilisée pour le recensement des établissements d'activités économiques (hors secteur agricole) sur le territoire de l'étude est donc la base de données **SIRENE** (Système Informatisé du Répertoire National des Entreprises et des Etablissements). Cette base de données est initialement fournie par l'INSEE. Elle contient notamment des adresses pour chaque établissement.

Parcelles agricoles

Ces fonctions ont été conçues pour être croisées avec les surfaces culturales fournies par le Registre Parcellaire Graphique (RPG). La version la plus récente du RPG a été utilisée au moment de l'étude, soit le RPG 2017, correspondant aux parcelles agricoles déclarées en 2017, dans leur situation connue et arrêtée au 1er janvier 2018. Ce registre contient les parcelles agricoles déclarées à l'administration (dossiers de déclaration de surfaces).

Les surfaces culturales sont donc recensées à partir du RPG 2017.

Etablissements publics (Indicateur M4)

Les établissements publics ont été identifiés à partir des Zones d'Activité ou d'Intérêt (ZAI) issues de la BD TOPO de l'IGN (v3.0, Avril 2019).

10.5 ANNEXE 5 : METHODOLOGIE UTILISEE POUR DEFINIR LA TYPOLOGIE DE LA VULNERABILITE AU RISQUE « EROSION DU TRAIT DE COTE »

10.5.1 Introduction

Les cartographies suivantes ont été réalisées :
- Cartographie de l'occupation du sol ;
- Cartographie de hiérarchisation des enjeux ;
- Cartographie de la vulnérabilité des enjeux au risque « érosion du trait de côte » ;
- Cartographie de la typologie de la vulnérabilité au risque d'érosion du trait de côte.

Elles sont présentées dans le dossier des annexes cartographiques.
Les cartographies de la vulnérabilité des enjeux au risque d'érosion du trait de côte et de la typologie de la vulnérabilité sontégalement présentées dans le corps du rapport (§5.7.3, 5.7.4).

Ces variables sont celles utilisées dans la Stratégie Régionale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SRGITC) **[L009]** réalisée par la DREAL Occitanie.

Rappelons que ce travail traite des enjeux côtiers, situés sur une bande de 250 m à partir du rivage, et qu'il n'inclut que le risque « érosion du trait de côte ». La problématique de la submersion marine n'est pas traitée dans ce travail. (Voir également § 5.7.1)

Ce travail et la méthodologie employée s'inspire largement du travail réalisé en Occitanie par la DREAL dans le cadre de la Stratégie Régionale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SRGITC) **[L009]**. Ce document est disponible en ligne sur le site de la DREAL Occitanie.

La méthodologie et les classifications utilisés pour définir chacune des variables sont détaillées ci-dessous. Les quelques différences méthodologiques avec la SRGITC sont également détaillées.

10.5.2 Occupation du sol

La SRGICT définit les catégories suivantes pour l'occupation du sol :

- **« Naturelle** : Ce sont les secteurs sur lesquels il n'y a pas de construction ou d'hébergement sur une zone d'au moins 100 mètres à partir du rivage. Si un axe de communication de seconde importance est présent sur le cordon mais que les aménagements sont peu importants, le secteur reste considéré comme naturel.

- **Diffuse** : Ce sont des zones où les constructions peuvent être plus facilement déplacées. On retrouve dans cette catégorie des secteurs où les hébergements sont définis comme étant « légers » ; c'est-à-dire des constructions qui ne sont pas bétonnées, ou des hébergements en dur mais présents de manière éparses. Cette catégorie inclue les campings et les zones artificialisées mais peu denses. Les campings très importants avec des infrastructures construites en dur (piscine, toboggan, toilette…) apparaissent dans cette catégorie. En effet, du fait qu'ils appartiennent à un seul et même propriétaire, ils

sont plus facilement déplaçables qu'une zone d'hébergement avec une multitude de propriétaires.

- **Dense** : C'est-à-dire des espaces ou l'artificialisation est telle qu'ils sont difficilement déplaçables. […] ».

Notons que le découpage en tronçon et l'occupation du sol a été affiné par rapport à la SRGITC dans le secteur Espiguette/Baronnets afin de prendre en compte la présence d'un stock d'hydrocarbures classé Seveso (voir paragraphe suivant).

Le secteur de la Capelude (tronçon 10) ne contient qu'une seule habitation dans la bande des 250 m. Il a été classé en occupation du sol naturelle.

L'analyse effectuée sur le littoral du Grand Delta du Rhône concerne une bande de 250 m à partir du rivage.

La définition de l'occupation du sol est basée sur la connaissance du terrain et l'analyse de l'orthophoto.

10.5.3 Enjeux anthropiques

La SRGICT définit les catégories suivantes pour l'occupation du sol :

- « **Enjeux forts et très forts :** Lorsque l'occupation du sol est artificielle, qu'il y a des hébergements et des infrastructures construits en dur et que des axes de communication sont présents. On inclut dans cette catégorie les grands campings.

- **Enjeux moyens :** Des hébergements sont présents de manière éparse sur un cordon dunaire naturel ou semi-naturel, des axes de communication peuvent être présents, mais de seconde importance.

- **Pas d'enjeux anthropiques :** Il n'y a pas d'hébergement ni d'infrastructure, le cordon dunaire est naturel. »

Les paramètres permettant la définition des enjeux dans la SRGITC sont détaillés dans le tableau suivant. Certains paramètres n'ont pas été utilisés dans le cadre de ce travail, les raisons de ce choix sont également détaillées dans le tableau suivant.

Tableau 29 : Paramètres utilisés pour la définition du niveau d'enjeux anthropiques

Paramètres utilisés dans la SRGITC	Prise en compte par le Symadrem	Précision et justification de la non prise en compte
Occupation du sol	OUI	
Présence d'enjeux humains	OUI	Ce facteur est pris en compte dans une bande de 250 m (et non 100 m)
Présence d'axe de communication	OUI	
Type de cordons dunaire	NON	Une étude a été réalisée par l'EID sur le littoral de la région Occitanie sur les cordons dunaires présents et leur niveau d'urbanisation. Nous ne disposons pas de données équivalentes sur le périmètre du Grand Delta du Rhône. D'autre part, les massifs dunaires sont assez peu présents sur ce périmètre dans les zones à enjeux. Pour ces raisons ce paramètre n'est pas pris en compte.

Un paramètre a été ajouté, il s'agit de la présence d'activités salinières ou d'enjeux stratégiques dans une bande de 250 m. Ce paramètre permet de prendre en compte les deux spécificités suivantes présentes sur le périmètre d'élaboration du diagnostic :

- La présence de deux sites propriétés de la Compagnie des Salins du Midi : un à Salin-de-Giraud et un aux Saintes-Maries-de-la-Mer (une partie des parcelles du site dit d'Aigues Mortes sont effets situés en bordure du rivage sur la commune des Saintes Maries, à la limite départementale avec le Gard). Ces sites ne présentent pas d'enjeux humains ou bâtis dans la bande de 250 m, pour autant, ils présentent la particularité de devoir se trouver nécessairement en bord de mer, et ne sont donc pas délocalisables. Par ailleurs, le rivage sur ces secteurs est fortement « enroché », ce qui rajoute une particularité supplémentaire. Ces sites sont classés en enjeux moyens ;

- La présence du dépôt d'hydrocarbures de l'Espiguette, classé Seveso seuil haut, et situé à 500 m du rivage environ, dans un secteur en très forte érosion, où les vitesses de recul du trait de côte sont de l'ordre de -5 à -7,5 m/an. Il s'agit de 6 cuves semi-enterrées de 11 000 m3 chacune. Ce site a été mis en service en 1962 et fait partie d'un réseau d'oléoducs et de dépôts d'hydrocarbures de l'OTAN. Le linéaire de rivage en érosion au niveau de ce site a été classé en enjeu fort. Notons que cet enjeu est situé au-delà de la bande des 250 m. Toutefois les vitesses d'érosion (les plus fortes de tout le périmètre étudié dans le cadre de l'élaboration de la stratégie sur le Grand Delta du Rhône) justifient sa prise en compte dans le découpage des enjeux.

Pour ces deux spécificités, l'occupation du sol a été qualifiée de diffuse.

Les paramètres pris en compte pour classifier les enjeux sont donc l'occupation du sol, la présence d'enjeux humains dans une bande de 250 m, la présence d'axe de communication et la présence d'activités salicoles ou d'enjeux stratégiques.

10.5.4 Vulnérabilité au risque d'érosion du trait de côte

La SRGICT définit les catégories suivantes pour la vulnérabilité : faible, modérée, à confirmer, forte et très forte. Ces catégories ont été adaptées dans le cadre de ce travail. Les catégories retenues sont les suivantes :

- Faible
- Modérée
- Forte
- Très forte

Les paramètres permettant la définition de la vulnérabilité dans la SRGITC sont détaillés dans le tableau suivant. Certains paramètres n'ont pas été utilisés dans le cadre de ce travail, les raisons de ce choix sont également détaillées dans le tableau suivant.

Tableau 30 : Paramètres utilisés pour la définition de la vulnérabilité

Paramètres utilisés dans la SRGITC	Prise en compte par le Symadrem	Précision et justification de la non prise en compte
Présence d'enjeux et leur importance	OUI	
Taux de recul du trait de côte	OUI	Les catégories de vitesses de recul ont été modifiées (voir ci-dessous)
La présence et le type d'ouvrages	OUI	
Les dégâts après tempêtes	NON	Pas de données disponibles à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire du Grand Delta du Rhône.
La présence ou non d'une zone de mobilité	OUI	
La longueur de la plage	NON	Pas de données disponibles à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire du Grand Delta du Rhône.
L'état de la dune	NON	Pas de données disponibles à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire du Grand Delta du Rhône.
La zone d'action mécanique des vagues (ZAMV)	NON	Pas de données disponibles à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire du Grand Delta du Rhône.
L'évolution du budget sédimentaire	OUI	Les catégories de l'évolution du budget sédimentaire ont été modifiées (voir ci-dessous)
Le volume du prisme sableux	NON	Pas de données disponibles à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire du Grand Delta du Rhône.

Les paramètres pris en compte pour définir la vulnérabilité sont donc la présence d'enjeux et leur importance, le taux de recul du trait de côte, la présence ou non d'une zone de mobilité, la présence ou non d'ouvrage et l'évolution du budget sédimentaire.

Les classifications du taux de recul utilisé sont les suivantes :
- Recul très fort : supérieur à -7,5 m/an
- Recul fort : [-7,5 ; -2,5 m/an]
- Recul modéré : [-2,5 ; -0,5 m/an]

- Recul faible : [-0,5 ; 0,05 m/an]
- Avancée modérée : [0,05 ; 2,5 m/an]
- Avancée forte : [2,5 ; 7,5 m/an]
- Avancée très forte : supérieure à 7,5 m/an.

La classification de la SRGITC considère comme très fort recul les secteurs où le taux est compris entre -1 et -2,5 m/an. La modification de cette classification était nécessaire pour pouvoir comparer les secteurs les uns par rapport aux autres, et l'adapter au territoire étudié. En effet, la quasi-totalité des secteurs en érosion sur le périmètre littoral du Grand Delta du Rhône le sont avec des taux de recul supérieurs à – 1 m/an.

Il en est de même pour la classification des budgets sédimentaires. La dynamique est considérée comme :

- Négative très forte pour la cellule du littoral de la Plage Napoléon où le budget est de – 400 000 m3/an/km ;
- Négative forte pour les cellules du littoral des Saintes Maries et de Faraman où les budgets sont respectivement de – 120 000 m3/an/km et – 110 000 m3/an/km
- Négative modérée pour la cellule du Golfe de Aigues Mortes, où le budget sédimentaire est de – 10 000 m3/an/km ;
- Positive sur les cellules en accrétion (flèche de l'Espiguette, flèche de Beauduc, flèche de la Gracieuse)

Nous observons des divergences avec les taux de recul présentés dans la SRGITC pour les secteurs compris entre la passe des Abîmes (limite entre le Gard et l'Hérault) et Port Camargue : d'une façon générale, la SRGITC indique une avancée légère du trait de côte, alors que les données présentées au § 5.3 indiquent plutôt un léger recul. Les données retenues dans le cadre de ce rapport de diagnostic sont cohérentes avec l'étude pour la gestion des sédiments du littoral d'Occitanie **[L005]** parue en 2020.

Notons que sur le secteur de l'Anse de Carteau (tronçons 31 à 36), très peu de données sont disponibles. La vulnérabilité a donc été déterminée sur la seule base de la présence des enjeux.

La SRGITC ne décrit pas précisément comment les différents paramètres sont pondérés pour définir la vulnérabilité. Dans le travail effectué sur le périmètre littoral du Grand Delta du Rhône, la définition de la vulnérabilité a été effectuée par croisement des paramètres, en accordant un poids plus important aux trois paramètres suivants : niveau d'enjeu, taux de recul du trait de côte et bilan sédimentaire, et de façon à assurer une cohérence entre les secteurs.

10.5.5 Typologie de la vulnérabilité au risque « érosion du trait de côte »

La SRGICT définit les catégories suivantes pour la typologie de la vulnérabilité. Elles sont basées sur l'occupation du sol, la présence et le type d'enjeu, la configuration du secteur et la dynamique sédimentaire. Ces catégories ont été reprises dans le cadre de ce travail. Il s'agit de :

- **Espaces naturels** :

  Ce sont les espaces où l'occupation du sol est « naturelle », il n'y a pas d'hébergements ni d'infrastructures sur une zone d'au moins 250 mètres à partir du rivage.

Le fonctionnement naturel de ces espaces est à préserver. Ce sont très souvent des zones de grande richesse faunistique, floristique et paysagère. Les enjeux écologiques sont importants et sont donc à protéger de toute artificialisation. Si ces espaces sont traversés par un axe de communication secondaire et qu'il n'y a pas d'autres aménagements, ils demeurent des espaces naturels.

Ce type d'espaces côtiers participe au fonctionnement naturel du littoral, car il permet de conserver un équilibre et une dynamique sédimentaire naturelle.

- **Espaces diffus Priorité 1 et 2** :

Ils regroupent des espaces :

- naturels sur lesquels des enjeux bâtis ou des infrastructures sont présents, (ex : un espace naturel traversé par un axe de communication important ou un espace naturel en érosion à proximité d'une urbanisation). *C'est le cas de la Plage Est des Saintes Maries de la Mer où le rivage borde la digue à la mer, derrière laquelle se trouve la station de lagunage de la ville (tronçon16).*

- diffus (constructions isolées, parc d'attraction isolé ou souvent des campings) qui par leur configuration ou la dynamique sédimentaire ont une vulnérabilité modérée à l'aléa érosion. *C'est le cas de l'ouest de la plage du Boucanet - tronçon 1. Les autres campings du périmètre ont une vulnérabilité forte à l'aléa érosion.*

- où les enjeux sont éloignés du rivage à plus de 150 mètres mais qui par leur dynamique érosive doivent être pris en compte dès à présent afin d'engager des mesures de gestion souple du trait de côte et anticiper sur le risque possible à venir. *C'est le cas du stock d'hydrocarbures situé dans le secteur Espiguette/Baronnets (tronçon 8 et 9)* ;

- où les enjeux sont protégés de l'érosion à moyen terme par un massif dunaire naturel ou situés en altitude *(situation non rencontrée sur le périmètre du diagnotic),*

- ayant fait l'objet d'aménagements durs ou doux qui ont permis la stabilisation du trait de côte sur du long terme. *C'est le cas des deux sites des Salins du Midi avec enrochements – tronçon 11 et 23, ainsi que du secteur de la Capelude – tronçon 10.*

Concernant le choix de la priorité 1 ou 2, la SRGITC indique :

« Priorité 2 : Les aménagements ou constructions présents ne sont pas menacés à court terme par l'érosion ou sont actuellement en accrétion. La présence humaine est la plupart du temps limitée en période hivernale ».

Priorité 1 : Les constructions et hébergements sont menacés plus rapidement par l'aléa érosion. Le risque peut être dû à :

- la configuration, zone plane et basse sans massif dunaire protecteur,
- la proximité des infrastructures ou campings,
- une dynamique sédimentaire érosive ».

Cette distinction ne parait pas pertinente sur le périmètre étudié. En effet, il n'y a pas de secteur en accrétion au niveau des tronçons où l'occupation du sol est diffuse. L'érosion y est à minima modérée, et bien souvent forte. Tous les tronçons relèveraient donc plutôt de la priorité 1.

Ainsi, **il a été fait le choix, pour prioriser les secteurs, de classer en :**

- **Espaces Diffus Priorité 1 : les espaces diffus où les enjeux sont forts ;**
- **Espaces Diffus Priorité 2 : les espaces diffus où les enjeux sont moyens.**

- **Espaces urbains de Priorité 2** (la définition de la SRGITC a été adaptée pour être plus pertinent avec le périmètre étudié) :

Ce sont des espaces où les zones côtières sont fortement urbanisées et sur lesquelles les hébergements et infrastructures sont construits en dur, donc plus difficilement déplaçables que des hébergements de type camping.

Cette catégorie regroupe des secteurs stables (naturellement ou artificiellement stabilisés par des enrochements) et des secteurs dont la vulnérabilité est modérée mais qui au vu de l'amplification possible des aléas érosion/inondation deviendront prioritaires.

En ce qui concerne la priorité 2, pour certaines zones, les aléas érosion et/ou inondation ne semblent pas être source de risques imminents pour l'urbanisation. Ce sont des « zones stables ».

On retrouve dans cette catégorie « priorité 2 » des secteurs sur lesquels des aménagements ont déjà été réalisés, permettant la stabilisation du rivage.

C'est le cas de la partie urbaine du Grau-du-Roi (tronçons 2 à 6).

- **Espaces urbains de Priorité 1** (la définition de la SRGITC a été adaptée pour être plus pertinent avec le périmètre étudié) :

Ce sont des espaces où les zones côtières sont fortement urbanisées et sur lesquelles les hébergements et infrastructures sont construits en dur, donc plus difficilement déplaçables que des hébergements de type camping. Ce sont des espaces à l'urbanisation dense et fortement menacés par l'aléa érosion à court terme.

On retrouve souvent des urbanisations situées sur des lidos, des espaces plats et bas, bloqués entre une zone humide (étangs, grau…) et la mer. […]. La submersion marine peut représenter un risque pour la population.

Ces secteurs sont ceux pour lesquels des opérations d'aménagements de lutte contre l'érosion sont souvent déjà réalisés. […].

Les secteurs de cette catégorie sont considérés comme fortement vulnérables par rapport à leur configuration (zone plane, basse, pas de massif dunaire protecteur, proximité de l'urbanisation au rivage) et à leur dynamique sédimentaire.

C'est le cas de la partie urbaine des Saintes Maries de la Mer (tronçon 14).

10.5.6 Modification de la typologie de certains tronçons

Le travail de définition de l'occupation du sol, du niveau d'enjeux, de la vulnérabilité vis-à-vis du risque d'érosion du trait de côte et de la typologie de la vulnérabilité a été fait de la façon la plus objective possible, en appliquant la méthodologie détaillée.

Pour certains secteurs listés ci-dessous, le choix a été fait de modifier la typologie de la vulnérabilité initialement obtenue. Le détail et les justifications sont présentés ci-dessous :

- **Tronçon 10 : « Capelude » au Grau-du-Roi**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie Naturelle. Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Diffus Priorité 2 » de façon à être cohérent avec la SRGITC qui indiquait pour ce secteur : *« C'est une zone naturelle mais les enjeux économiques sont très importants (salins et tourisme). L'artificialisation est très forte, plus de 50% de la zone est recouverte par des épis construits entre 1975 et 1997. Le recul du trait de côte est très important sur cette zone allant de -1 à -2,5 mètres par an. Les ouvrages sont devenus inefficaces et semblent accélérer l'érosion. Quel mode de gestion est à adopter pour ce territoire ? Faut-il enlever les ouvrages et envisager un nouveau mode de protection ? Un mode de gouvernance impliquant les parties prenantes devra être mis en place » ;*

- **Tronçon 13 « Clos du Rhône » aux Saintes Maries de la Mer**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie « Espaces Diffus de Priorité 1 ». Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Espaces Urbains de Priorité 2 » en raison de la présence de la digue à la mer sur ce secteur, de sa proximité avec le centre-ville dense des Saintes Maries, et du bilan sédimentaire fortement négatif entrainant un approfondissement des fonds au droit des ouvrages existants. De plus, le Camping du Clos du Rhône est un enjeu ne pouvant être déplacé, compte tenu de la configuration du secteur (entre mer, aménagement routier et marais). Ce tronçon assure également une protection du village en limitant le risque d'ennoiement par l'ouest.

- **Tronçon 15 « camping La Brise » aux Saintes Maries de la Mer**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie « Espaces Diffus de Priorité 1 ». Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Espaces Urbains de Priorité 2 » pour les mêmes raisons que le tronçon 13. En effet, le Camping de la brise est un enjeu ne pouvant être déplacé, compte tenu de la configuration du secteur (entre mer, canal de ceinture et étang). Ce tronçon assure également une protection du village en limitant le risque d'ennoiement par l'est. Ce tronçon est également bordé par le pertuis de la Fourcade, ouvrage structurant pour le ressuyage de la Camargue insulaire sur lequel un projet de rénovation et d'agrandissement est en cours, ainsi que par la station de l'Eolienne, outil indispensable au ressuyage des eaux pluviales urbaines de la commune.

- **Tronçon 16 « Plage Est » aux Saintes Maries de la Mer**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie « Espaces Diffus de Priorité 1 ». Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Espaces Urbains de Priorité 2 » en raison de la présence de la digue à la mer sur ce secteur, de sa proximité avec le centre-ville dense des Saintes Maries, et du bilan sédimentaire fortement négatif entrainant un approfondissement des fonds au droit des ouvrages existants. Par ailleurs, sur ce tronçon le taux de recul du trait de côte est fort. Ce tronçon est également bordé par le pertuis de la Fourcade, ouvrage structurant pour le ressuyage de la Camargue insulaire sur lequel un projet de rénovation et d'agrandissement est en cours, ainsi que par la station de l'Eolienne, outil indispensable au ressuyage des eaux pluviales urbaines de la commune.

- **Tronçon 29 « Plage Napoléon – partie Est » à Port-Saint-Louis-du-Rhône**. L'application objective de la méthodologie aboutit à un classement en typologie Naturelle. Le choix a été fait de classer ce tronçon dans la catégorie « Diffus Priorité 2 ». En effet, ce secteur est soumis à une dynamique sédimentaire très négative et souffre fortement de l'érosion d'après les visites de terrain récentes. Une dégradation ou une rupture du They de la Plage Napoléon supprimerait une barrière naturelle contre la submersion marine de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône et de la zone ouest du Golfe de Fos.

10.5.7 Tableau récapitulatif des paramètres par tronçon

Le tableau est présenté ci-dessous :

Tableau 31 : tableau récapitulatif des paramètres utilisés pour définir la typologie de la vulnérabilité au risque d'érosion du trait de côte – par tronçon

N° tronçon	Occupation du sol	Enjeux	Espace de mobilité	Présence d'ouvrages	Taux de recul/avancée du trait de côte	Cellule hydrosédimentaire	Dynamique sédimentaire	Vulnérabilité	Typologie de la vulnérabilité retenue
1	Diffuse	FORT	OUI	OUI	RECUL MODERE	LE BOUCANET - PORT CAMARGUE	NEG MODERE	FORTE	Diffus P1
2	Diffuse	FORT	OUI	OUI	RECUL FAIBLE	LE BOUCANET - PORT CAMARGUE	NEG MODERE	FORTE	Diffus P1
3	Dense	FORT	NON (etang)	NON	AVANCEE MODEREE A RECUL MODERE	LE BOUCANET - PORT CAMARGUE	NEG MODERE	FORTE	Urbain P2
4	Dense	FORT	NON (etang)	OUI	RECUL FAIBLE	LE BOUCANET - PORT CAMARGUE	NEG MODERE	FORTE	Urbain P2
5	Dense	FORT	NON (etang)	OUI	RECUL FAIBLE	LE BOUCANET - PORT CAMARGUE	NEG MODERE	FORTE	Urbain P2
6	Dense	FORT	NON (etang)	OUI	RECUL FAIBLE	LE BOUCANET - PORT CAMARGUE	NEG MODERE	FORTE	Urbain P2
7	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	AVANCEE FORTE A TRES FORTE	FLECHE ESPIGUETTE	POSITIVE	FAIBLE	Naturels
8	Diffuse	FORT	OUI	NON	RECUL FORT A TRES FORT	PETITE CAMARGUE	NEG MODERE	TRES FORTE	Diffus P1
9	Diffuse	FORT	OUI	OUI	RECUL MODERE A FORT	PETITE CAMARGUE	NEG MODERE	TRES FORTE	Diffus P1
10	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	OUI	RECUL FAIBLE A MODERE	PETITE CAMARGUE	NEG MODERE	FAIBLE	Naturels
11	Diffuse	MOYEN	OUI (salin)	OUI	RECUL MODERE A FORT	PETITE CAMARGUE	NEG MODERE	MODEREE	Diffus P2
12	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	OUI	RECUL MODERE A FORT	PETITE CAMARGUE	NEG MODERE	FAIBLE	Naturels
13	Diffuse	FORT	NON (etang)	OUI	AVANCEE MODEREE A RECUL FORT	LITTORAL SAINTES MARIES	NEG FORTE	TRES FORTE	Urbain P2*
14	Dense	FORT	NON (etang)	OUI	AVANCEE MODEREE A RECUL MODERE	LITTORAL SAINTES MARIES	NEG FORTE	TRES FORTE	Urbain P1
15	Diffuse	FORT	NON (etang)	OUI	RECUL FAIBLE A MODERE	LITTORAL SAINTES MARIES	NEG FORTE	TRES FORTE	Urbain P2*
16	Diffuse	MOYEN	OUI	OUI	RECUL FORT	LITTORAL SAINTES MARIES	NEG FORTE	MODEREE	Urbain P2*
17	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	RECUL MODERE A FORT	LITTORAL SAINTES MARIES	NEG FORTE	FAIBLE	Naturels
18	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	AVANCEE MODEREE A FORTE	LITTORAL SAINTES MARIES	NEG FORTE	FAIBLE	Naturels
19	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	AVANCEE TRES FORTE	FLECHE BEAUDUC	POSITIVE	FAIBLE	Naturels
20	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	RECUL FORT	LITTORAL FARAMAN	NEG FORTE	FAIBLE	Naturels
21	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	OUI	RECUL FORT	LITTORAL FARAMAN	NEG FORTE	FAIBLE	Naturels
22	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	OUI	RECUL MODERE A FORT	LITTORAL FARAMAN	NEG FORTE	FAIBLE	Naturels
23	Diffuse	MOYEN	OUI (salin)	OUI	RECUL MODERE	LITTORAL FARAMAN	NEG FORTE	MODEREE	Diffus P2
24	Diffuse	MOYEN	OUI (salin)	NON	RECUL MODERE	LITTORAL FARAMAN	NEG FORTE	MODEREE	Diffus P2
25	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	RECUL MODERE	LITTORAL FARAMAN	NEG FORTE	FAIBLE	Naturels
26	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	AVANCEE TRES FORT A RECUL TRES FORT	EMBOUCHURE GRAND RHONE	NEG MODERE	FAIBLE	Naturels
27	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	RECUL MODERE A FORT	EMBOUCHURE GRAND RHONE	NEG MODERE	FAIBLE	Naturels
28	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	AVANCEE FORTE A RECUL MODERE	LITTORAL NAPOLEON	NEG TRES FORTE	FAIBLE	Naturels
29	Naturelle	PAS D ENJEUX	NON (they)	NON	RECUL MODERE	LITTORAL NAPOLEON	NEG TRES FORTE	FAIBLE	Diffus P2*
30	Naturelle	PAS D ENJEUX	NON (they)	NON	AVANCEE MODEREE A FORTE	FLECHE GRACIEUSE	POSITIVE	FAIBLE	Naturels
31	Naturelle	PAS D ENJEUX	NON (they)	NON	RECUL FORT	ANSE CARTEAU	PAS DE DONNEES	FAIBLE	Naturels
32	Naturelle	PAS D ENJEUX	OUI	NON	PAS DE DONNEES	ANSE CARTEAU	PAS DE DONNEES	FAIBLE	Naturels
33	Diffuse	MOYEN	OUI	NON	PAS DE DONNEES	ANSE CARTEAU	PAS DE DONNEES	MODEREE	Diffus P2
34	Dense	FORT	OUI	NON	PAS DE DONNEES	ANSE CARTEAU	PAS DE DONNEES	FORTE	Urbain P2
35	Dense	FORT	NON (GPMM)	NON	PAS DE DONNEES	ANSE CARTEAU	PAS DE DONNEES	FORTE	Urbain P2
36	Diffuse	MOYEN	NON (GPMM)	NON	PAS DE DONNEES	ANSE CARTEAU	PAS DE DONNEES	MODEREE	Diffus P2

** sur les tronçons signalés avec une * la typologie de la vulnérabilité a été modifiée*