



HAL
open science

Vulnérabilité systémique actuelle et trajectoire prospective du risque littoral aux Saintes-Maries-de-la-Mer

Lucas Triay

► **To cite this version:**

Lucas Triay. Vulnérabilité systémique actuelle et trajectoire prospective du risque littoral aux Saintes-Maries-de-la-Mer. Environnement et Société. 2022. dumas-03882625

HAL Id: dumas-03882625

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03882625v1>

Submitted on 2 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



*Vue aérienne du village des Saintes-Maries-de-la-Mer
auteur : Jean-Louis Vandevivère, 2008*

Vulnérabilité systémique actuelle et trajectoire prospective du risque littoral aux Saintes-Maries-de-la-Mer

- Présenté par **TRIAY Lucas**, étudiant en Master 1 GCRN
- Sous la direction de **DEFOSSEZ Stéphanie**, Maître de conférences à l'Université Paul Valéry Montpellier 3
- Soutenu le 14 juin 2022



Université Paul Valéry Montpellier 3
Master Géographie, Aménagement, Environnement et
Développement
Parcours Gestion des Catastrophes et des Risques Naturels
(GCRN)
Année 2021-2022



*« C'est pas l'Homme qui prend la mer,
c'est la mer qui prend l'Homme »*

Renaud

REMERCIEMENTS

Il semblerait qu'il existe deux moments où un être humain adresse des remerciements sincères et solennels : quand il reçoit une récompense dans une cérémonie pompeuse ayant pour seul intérêt le buffet gratuit, et lorsque des personnes l'aident à traverser une période particulièrement difficile. N'ayant pas la stature pour recevoir un prix sous les applaudissements d'une foule en délire, mais la rédaction de ce mémoire ayant assurément été une épreuve au cheminement mouvementé, je me dois donc de remercier ici les personnes qui l'ont rendue possible :

A ma directrice de mémoire, Mme Stéphanie Defossez, qui a su m'apporter conseil et assurance dans mon choix de sujet et son développement.

A mon ancien professeur de licence, Mr François Sabatier, qui m'a gentiment apporté son expertise et ses conseils en géomorphologie.

Aux habitants et commerçants des Saintes-Maries-de-la-Mer qui ont accepté de répondre à mon questionnaire. Vous étiez peu mais souriants et c'est sûrement là l'essentiel. Un remerciement particulier à Mr Alexis Kefaloucos, notre longue discussion pleine d'humour aussi bien qu'émouvante me restera en mémoire.

A mes camarades d'infortune, Eliott, Florian, Valentin, Mona, Cecilia, Anouk et Clara. Les chroniques régulières de nos galères et autres mésaventures souvent improbables mais toujours drôles ont été d'un grand soutien.

A ma famille, celle de sang et celle de cœur. A mon grand frère, qui saura toujours me faire rire, de n'importe quoi et n'importe quand, à ma grande sœur, qui m'a montré que quelle que soit l'épreuve, elle n'est rien d'autre qu'un obstacle à franchir. A Naïs, Théo, Manon, Lucile, Benjamin et tous les autres. Vous avez été un sas de décompression lors de mes (trop ?) nombreuses pauses café et apéros.

A mon beau-père, qui m'a permis d'accomplir un de mes nombreux rêves et d'aménager mon van, mon petit bateau pirate. Ce même van qui m'aura permis d'explorer mon terrain d'étude et de partir à la rencontre de ses acteurs.

A mes petits compagnons à quatre pattes, Pepsi, Zelda et Gimli, dont les ronronnements et autres facéties félines ont su adoucir des journées d'après rédactions.

Et enfin, car l'on garde toujours le meilleur pour la fin, aux deux personnes les plus importantes à mes yeux : ma mère, dont l'abnégation, l'éducation sans faille et l'amour inconditionnel ont fait de moi le petit homme que je suis aujourd'hui et que je serai demain, et mon père, dont le souvenir m'inspire et m'accompagne dans chaque entreprise plus ou moins hasardeuse et rationnelle de ma vie.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	2
INTRODUCTION	6
ETAT DE L'ART : QUELS TRAVAUX POUR APPREHENDER LE RISQUE LITTORAL ET SES EVOLUTIONS ?	9
LA VULNERABILITE : POLYSEMIE ET DIFFERENCE D'APPROCHE.....	10
LE CONCEPT DE « TRAJECTOIRES DE VULNERABILITES »	10
LA VULNERABILITE SYSTEMIQUE ET LE PROJET OSIRISC	12
LES ALEAS SUBMERSION MARINES ET EROSION COTIERE : QUELLES CONNAISSANCES SUR LES EFFETS ET EVOLUTIONS AU 21 ^{EME} SIECLE ?	14
LES ENJEUX D'UNE SOCIETE : QUELLE TYPOLOGIE ?	14
ÉVALUATION DE LA GESTION DES RISQUES : DES CONNAISSANCES MANQUANTES ?	15
PERCEPTIONS/REPRESENTATION DES RISQUES : QUELLES NUANCES ?	15
1. LA CAMARGUE ET LES SAINTES-MARIES-DE-LA-MER : UN TERRITOIRE VECU HAUTEMENT ANTHROPISE	16
1.1. DYNAMIQUES, MOBILITES ET MODIFICATION DU DELTA A TRAVERS LE TEMPS	17
1.1.1. <i>Un delta mobile par nature.....</i>	17
1.1.2. <i>Caractérisation des agents de mobilité de la côte sableuse du delta</i>	19
1.1.3. <i>Un espace faussement naturel</i>	21
1.2. LES SAINTES-MARIES-DE-LA-MER : « CAPITALE » DE LA CAMARGUE AU DEVELOPPEMENT RECENT.....	22
1.2.1. <i>Une intensification du développement urbain et démographique à partir du 20^{ème} siècle</i>	23
1.2.2. <i>La création d'une culture et d'une identité camarguaise</i>	25
1.2.3. <i>Occupation du sol : ruralité et omniprésence de l'eau.....</i>	26
1.2.4. <i>Une commune touchée par les aléas littoraux.....</i>	27
2. APPREHENDER ET EVALUER LA VULNERABILITE SYSTEMIQUE D'UN TERRITOIRE ET SES EVOLUTIONS : INDICES, INDICATEURS, REPRESENTATIONS	28
2.1. APPLICATION DE LA METHODOLOGIE OSIRISC : PRINCIPE ET INTERETS.....	28
2.1.1. <i>Des indicateurs pour créer des indices</i>	28
2.1.2. <i>Répartition des indicateurs</i>	29
2.1.3. <i>Agrégation d'indicateurs et croisement d'indices.....</i>	29
2.2. APPREHENDER L'ALEA LITTORAL ET SES EVOLUTIONS : QUELLES METHODES ?.....	31
2.2.1. <i>Etablir une vitesse de recul moyenne du trait de côte</i>	31
2.2.2. <i>Déterminer la submersion marine par de la manipulation de MNT</i>	33
2.2.3. <i>Choisir et représenter des scénarios prospectifs d'évolution de l'aléa</i>	36
2.3. CHOISIR DES INDICATEURS ET DES INDICES TRADUISANT LES ENJEUX DU TERRITOIRE.....	37

2.3.1. Les enjeux humains à travers la démographie.....	38
2.3.2. Les enjeux structurels à travers les infrastructures.....	39
2.3.3. Les enjeux économiques à travers les marqueurs de production de richesses de la commune	40
2.3.4. Les enjeux organisationnels à travers la gestion de crise	41
2.4. COMPRENDRE LA GESTION DES RISQUES A TRAVERS LES ACTIONS DES GESTIONNAIRES DU TERRITOIRE	42
2.4.1. Identification des acteurs majeurs dans la gestion du risque aux Saintes-Maries-de-la-Mer .	43
2.4.2. Mise au point et intérêt d'un guide d'entretien.....	44
2.5 COLLECTER LES PERCEPTIONS DE LA POPULATION	45
2.5.1. Elaboration du questionnaire	46
2.5.2. Quel échantillon et moyen de passation du questionnaire ?.....	49
2.6. METTRE AU POINT DES TRAJECTOIRES PROSPECTIVES POUR ELABORER DES SCENARIOS.....	49
2.6.1. S'intéresser au passé pour comprendre les tendances d'évolution	50
2.6.2. Croiser les tendances des indices pour obtenir des hypothèses sur l'évolution future	50
3. SPATIALISATION, TRAJECTOIRES PROSPECTIVES ET CONTRIBUTION DES COMPOSANTES A LA VULNERABILITE SYSTEMIQUE	51
3.1. UN ALEA LITTORAL MOYEN SOUMIS A UNE DYNAMIQUE D'INTENSIFICATION	51
3.1.1. Une forte érosion aux abords du village et sur le littoral Saintois	52
3.1.2. Une submersion marine modérée.....	54
3.1.3. Une combinaison de l'aléa érosion et submersion qui crée un aléa littoral moyen.....	55
3.1.4. Quelles évolutions de l'aléa à court, moyen et long terme ?.....	56
3.2. UNE CONSTRUCTION DU RISQUE A TRAVERS L'INTENSITE DES ENJEUX	59
3.2.1. Des enjeux structurels forts dans le village et un bâti globalement peu adapté aux zones d'intensité de l'aléa.....	59
3.2.2. Vulnérabilité de la population et des ménages.....	62
3.2.3. Une activité économique spatialement segmentée et peu diversifiée	64
3.2.4. Une capacité de réponse organisationnelle centrée sur le village au détriment des populations dispersées.....	66
3.2.5. Synthèse des enjeux : un indice fort principalement dominé par les enjeux économiques.....	68
3.3. ALEA ET ENJEUX : SPATIALISATION DU RISQUE ET CONTRIBUTION DES COMPOSANTES	69
3.3.1. Un risque selon l'axe village-Petit-Rhône.....	70
3.3.2. Aléa ou enjeux : quelle contribution à la production du risque ?.....	71
3.4. QUELLE GESTION DU RISQUE PAR LES ACTEURS DU TERRITOIRE ?	72
3.4.1. Une multiplication d'acteurs pour une multiplication de l'efficacité ?	72
3.4.2. Contribution des mesures à la gestion du risque littoral et prédominance de la vision « fixiste ».....	74

3.4.3. <i>Risque et gestion : quelle vulnérabilité institutionnelle ?</i>	76
3.5. REPRESENTATIONS DU RISQUE : ENTRE DESINTERET, INACTION ET CONTRADICTION	77
3.5.1. <i>Une population globalement désintéressée par la question</i>	77
3.5.2. <i>Une conscience du risque existante mais une inaction face au risque littoral</i>	78
3.5.3. <i>Une confiance accordée au niveau local</i>	79
3.5.4. <i>Un désir de rester et une ouverture à d'autres méthodes de maintien du trait de côte</i>	80
3.5.5. <i>Effets de structure et contribution des représentations à la vulnérabilité</i>	81
3.6. TRAJECTOIRE PROSPECTIVE DE LA VULNERABILITE SYSTEMIQUE : QUEL AVENIR POUR LE RISQUE LITTORAL AUX SAINTES-MARIES-DE-LA-MER ?	82
3.6.1. <i>Quelles évolutions des enjeux et du risque ?</i>	82
3.6.2. <i>Sur le temps ponctuel de l'aléa, des enjeux plus exposés et une gestion de crise entravée</i>	85
3.6.3. <i>Au quotidien, des désagréments chroniques liés à la remontée du niveau marin et la perte de terrain</i>	86
4. INTERETS, LIMITES ET MISE EN PERSPECTIVE DES RESULTATS OBTENUS	87
4 .1. INTERETS ET LIMITES : COMMENT ABORDER LES RESULTATS ?	87
4.1.1. <i>Un outil de diagnostic puissant au service de l'aide à la prise de décisions</i>	87
4.1.2. <i>Des limites techniques et méthodologiques</i>	88
4.2. MISE EN PERSPECTIVE DES RESULTATS : QUELLE SUITE LEUR DONNER ?	89
4.2.1. <i>Une nécessaire sensibilisation de la population</i>	89
4.2.2. <i>Maintenir ou reculer : compléter l'étude par un calcul coût-avantage</i>	89
CONCLUSION	90
BIBLIOGRAPHIE	91
SITOGRAFIE	95
TABLE DES FIGURES	96
TABLE DES TABLEAUX	98
TABLE DES PHOTOGRAPHIES.....	99
ANNEXES	99
QUESTIONNAIRE A LA POPULATION	99

INTRODUCTION

« Au commencement de toute humanité est l'eau » dit Erik Orsenna (2008) dans *L'Avenir de l'eau*. Et en regardant de plus près les dynamiques de peuplement passées, difficile de lui donner tort. Les sociétés humaines ont toujours cherché à s'établir à proximité d'un point d'eau. Que ce soit un lac, une rivière ou un fleuve, ceux-ci fournissent un approvisionnement primordial pour l'irrigation des champs, la production d'électricité ou encore l'alimentation des usines. Puis, à la fin du 19^{ème} siècle, dans le sillage des changements dans les modes de production et l'essor des échanges internationaux, le littoral est devenu un espace attractif et primordial. Cette restructuration économique et ces changements de perceptions des espaces ont créé une nouvelle dynamique de population sur le territoire français. On y a installé et fait prospérer des ports, qui ont créé des emplois, ce qui a consolidé l'attractivité des littoraux. A cette attractivité économique, s'est ajoutée une attractivité touristique. Le développement du tourisme balnéaire – permis notamment par la création des congés payés en 1936 - a également participé à la création d'emplois, mais surtout permit de diffuser une image positive du littoral. Les populations se déplacent ainsi de l'arrière-pays, qui, avec le déclin de l'économie rurale, ne bénéficie plus d'une dynamique économique suffisante, vers le littoral, porteur de nouvelles promesses. Les dynamiques de peuplements intenses et rapides des littoraux sont également favorisées par un solde migratoire important : les individus viennent d'autres régions pour s'installer sur le littoral, qui jouit d'une image d'Epinal liée à une qualité de vie supérieure. Une nouvelle « maritimité » s'est créée, liée à une image récréative et ludique du littoral (Desse, 1994). Au départ concentrés dans des pôles urbains, le développement économique des zones littorales et l'arrivée régulière de nouveaux habitants viendront créer une densification urbaine pour finalement aboutir à une urbanisation relativement intense et continue des littoraux (Liziard, 2013). C'est ce que l'on appellera la littoralisation.

En France métropolitaine, ce phénomène se traduit par une concentration de 10% de la population dans les communes littorales, qui, elles, représentent seulement 4% de la surface totale. La densité de population y est donc deux fois plus forte que la moyenne nationale (265 hab/km² en moyenne dans les communes littorales contre 104 hab/km² pour la moyenne nationale), et l'évolution de la population y est plus rapide que dans les communes non littorales (de 1962 à 2016, la population littorale a gagné 79 habitants de plus au km² contre seulement 30 habitants de plus au km² pour la moyenne nationale). Il existe toutefois des disparités entre les territoires littoraux et c'est la façade méditerranéenne qui bat les records démographiques. Elle a attiré 61% des nouveaux

résidents littoraux de 1962 à 2016 et connaît la plus forte densité de population avec 358 hab/km². Cette façade méditerranéenne dispose ainsi de la plus forte évolution de densité de population en France métropolitaine entre 2011 et 2016 (+ 6,8 hab/km²) et contribue pour 39% de la population littorale en France, métropole et DROM inclus (Ministère de la Transition écologique).

Dans cette ruée vers le littoral et ce développement rapide, la problématique de l'exposition aux risques naturels n'a peut-être pas été assez considérée. La croissance de la population a en effet favorisé la multiplication des enjeux sur des territoires soumis à des aléas spécifiques. Point de rencontre entre la mer et la terre, le littoral est un espace intrinsèquement mobile, car soumis à des processus d'érosion. Ainsi, les côtes à falaises, fragilisées par l'action mécanique des vagues, sont soumises à un recul inexorable provoqué par les chutes de blocs et parfois de pans entiers de falaises. Les côtes basses d'accumulation (plages sableuses ou de galets) fonctionnent différemment mais sont également affectées par l'érosion. Ces dernières sont constamment modelées et remodelées en fonction de la combinaison de plusieurs facteurs selon les frontières de cellules sédimentaires au sein desquelles il existe des espaces d'érosion, de stabilité et d'accrétion. Finalement ce sont environ 37% des côtes sableuses qui sont en recul et 19% du littoral français est soumis à des tendances érosives (Géolittoral). Ces dynamiques érosives s'expliquent avant tout par les dynamiques naturelles des côtes et s'accroissent lors des épisodes tempétueux qui peuvent entraîner des submersions marines des côtes basses et intensifier l'action mécanique des vagues (Paskoff, 2004). Les aléas érosion et submersion marine étant fortement liés, on les désigne communément par les termes d'aléas littoraux ou encore aléas côtiers (ceux-ci peuvent également comprendre les aléas de migration dunaire selon le secteur étudié). Le croisement de ces aléas côtiers avec des enjeux toujours plus nombreux sur leurs zones d'expansion crée finalement des espaces littoraux à risque.

Or, ces risques ont longtemps été ignorés. Si des outils de gestion existaient (les PPR mis en place en 1995 pouvaient concerner des inondations par submersion marine) et que des actions contre l'érosion étaient entreprises (principalement à travers la construction d'ouvrages lourds visant à « fixer » le trait de côte), cela restait peu suivi et il n'existait pas d'incitations particulières de la part des pouvoirs publics. Ce *statu quo* a cependant évolué suite à 2 événements marquants : la catastrophe de la tempête Xynthia en février 2010, événement météorologique ponctuel ayant frappé la façade atlantique, ainsi qu'un processus amorcé il y a plusieurs décennies et dont les conséquences s'expriment sur le long terme, à savoir le changement climatique global

et notamment l'élévation avérée du niveau marin. Xynthia, qui est restée dans les mémoires en raison de sa violence, aura eu pour effet d'impulser la création d'outils réglementaires dédiées à la gestion du littoral. Il est ainsi possible de citer trois stratégies nationales (stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, 2012 ; stratégie nationale de gestion des risques d'inondations et de submersion, 2014 ; stratégie nationale pour la mer et le littoral, 2017), qui se veulent de nouveaux moyens de gestion cherchant à coordonner les actions publiques à long terme (Rocle, 2019). La création des plans de submersion rapide sera également actée, ainsi que l'accélération de la mise en place des plans de prévention des risques littoraux (PPRL) qui prennent en compte à la fois l'aléa submersion marine et l'aléa érosion. La tempête Xynthia aura ainsi permis un véritable changement de paradigme dans la gestion des risques côtiers et du littoral en général. Changement d'autant plus crucial que le littoral se retrouve menacé par l'élévation du niveau marin.

Causée par le changement climatique global en cours, l'élévation pourrait connaître des valeurs variables en fonction des scénarios choisis et calculés par le Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Cependant, la temporalité climatique étant plus longue que la temporalité humaine des décisions et politique de réduction des émissions de gaz à effets de serre, un certain niveau de changement climatique ne peut d'ores et déjà plus être évité (Godard, 2010). La question n'est donc pas de savoir s'il y aura des effets avérés dus au changement climatique, mais plutôt qu'elle sera l'ampleur de ces effets. Ainsi, estimée à environ 1 à 2 mm/an sur le 20^{ème} siècle (Paskoff, 1998), l'élévation du niveau marin - causée principalement par la dilatation thermique des océans et des mers et la fonte des glaciers continentaux - tend à s'accélérer au 21^{ème} siècle. Au 14 novembre 2021, le niveau moyen global des océans était 10,1 cm plus haut qu'en 1993, correspondant donc à une élévation moyenne d'environ 3,6 mm/an (NASA). Cette élévation du niveau marin viendra ainsi aggraver les événements de submersion marine dans les années à venir, ce qui s'avère particulièrement problématique pour les littoraux urbanisés. Dans son ouvrage *Côtes en danger*, Paskoff (2004) identifiait ainsi les côtes basses sableuses et notamment les deltas comme des espaces particulièrement vulnérables à l'élévation du niveau marin, du fait de leur topographie sans relief et à faible altitude. En France, c'est donc la Camargue, espace vécu ayant pour territoire le delta du Rhône, qui est souvent identifié comme étant la plus sensible à ce phénomène et qui devrait donc être la première à subir les effets de l'élévation du niveau marin. Les Saintes-Maries-de-la-Mer, « capitale » de la Camargue au front de mer entièrement endigué, et sujette à l'érosion

et à la submersion marine pourrait ainsi subir des évènements tempétueux ayant plus de conséquences néfastes d'ici quelques décennies.

Devant cette évolution annoncée du risque littoral en Camargue nécessitant une réévaluation de celui-ci, plusieurs questionnements émergent : Le recul du trait de côte sera-t-il assez important dans les prochaines années pour impacter des infrastructures ? A quel point le risque littoral, notamment de submersion marine, sera-t-il aggravé par l'élévation du niveau marin ? La vulnérabilité des enjeux s'en trouvera-t-elle augmentée ? Comment la population perçoit ce risque ? Les décisionnaires et gestionnaires du territoire sont-ils préparés ? Ces questionnements, qui touchent des aspects très divers de la science des risques, peuvent finalement se résumer en une problématique synthétique : Quels sont les facteurs de vulnérabilité systémique des Saintes-Maries-de-la-Mer et comment le risque littoral peut-il évoluer face à l'élévation relative du niveau marin et les dynamiques érosives de sa côte sableuse ?

Certaines hypothèses peuvent alors être formulées *a priori*, afin d'alimenter et diriger l'étude :

- Les Saintes-Maries-de-la-Mer seront exposées à un risque littoral plus important dû à l'élévation du niveau marin.
- Les enjeux évolueront vers une plus grande vulnérabilité.
- La nature fragile du territoire (une côte basse sableuse de delta), la forte identité culturelle et l'attachement au territoire permet une perception et une culture du risque accrue.

Dès lors, l'objectif de cette étude sera de proposer un diagnostic de vulnérabilité systémique complet de la commune, afin de déterminer une situation de vulnérabilité de référence à partir de laquelle conjecturer une trajectoire d'évolution possible du risque et de la vulnérabilité.

ETAT DE L'ART : QUELS TRAVAUX POUR APPRÉHENDER LE RISQUE LITTORAL ET SES ÉVOLUTIONS ?

Si la question des effets du changement climatique s'insinue dans les sciences humaines et sociales depuis la fin des années 1990, c'est depuis la dernière décennie que le mouvement s'est nettement accéléré, certains auteurs allant même jusqu'à parler désormais d'une « science de l'adaptation » pour désigner les recherches cherchant à comprendre et prévoir les évolutions futures dues au changement climatique global (Berdoulay & Soubeyran, 2014). Bien que ce domaine soit relativement récent, il existe plusieurs articles et projets de recherches qui en traitent. Il convient donc de s'appuyer sur ceux-ci pour cadrer l'étude et s'inscrire dans la continuité d'une réflexion scientifique existante.

LA VULNÉRABILITÉ : POLYSÉMIE ET DIFFÉRENCE D'APPROCHE

Comme le laisse entendre le titre et la problématique, la question de la vulnérabilité sera au cœur de cette étude. Mais de quelle vulnérabilité parle-t-on exactement ? En effet, cette notion ne fait pas nécessairement consensus. En raison de sa transversalité dans les sciences sociales, la vulnérabilité peut se définir différemment. Un économiste n'aura pas la même vision d'un élément vulnérable qu'un sociologue et la vulnérabilité a ainsi pu être abordée comme « un processus d'endommagement physique, une exposition d'enjeux matériels stratégiques pour la sortie de crise mais aussi plus largement des causes sociales profondes » (Becerra, 2012). Birkmann (2014) identifie ainsi plus de 25 définitions et 6 écoles de pensées autour de la question de la vulnérabilité. Cette versatilité est aussi due à la relative jeunesse de l'étude des risques (un domaine scientifique qui est étudié comme tel depuis les années 1990 environ). La notion de vulnérabilité est donc toujours en construction et sujette à des évolutions, bien qu'une certaine acceptation commune semble s'installer autour d'une définition assez générale pour convenir à tous, à savoir considérer la vulnérabilité « soit comme l'endommagement que subit un enjeu, soit comme la propension de l'enjeu à subir cet endommagement » (Delaître *et al.*, 2016). En plus de cette pluralité de définitions, il est également possible d'aborder la vulnérabilité selon plusieurs démarches visant à l'évaluer et la mesurer. D'Ercole *et al.* (1994) identifie ainsi 3 démarches : une démarche qualitative qui analyse la vulnérabilité selon des facteurs pouvant la faire varier et propres au territoire d'étude, une démarche semi-quantitative qui vise à hiérarchiser les enjeux et enfin une démarche quantitative, qui s'attache plutôt à quantifier les dommages possibles.

Au vu de la multiplicité de possibilités pour aborder la vulnérabilité d'un territoire, il apparaît d'autant plus crucial d'établir un « état des lieux » des recherches existantes afin de choisir la démarche la plus adaptée au sujet traité. Dans le cadre de cette étude, la vulnérabilité sera donc abordée selon l'approche des « trajectoire de vulnérabilités », en choisissant de définir la vulnérabilité comme étant une « vulnérabilité systémique » et en l'évaluant par le biais d'une méthode semi-quantitative.

LE CONCEPT DE « TRAJECTOIRES DE VULNÉRABILITÉS »

Bien souvent, la vulnérabilité d'un territoire est évaluée à un temps T, et selon certains facteurs seulement (on peut, par exemple, évaluer seulement la vulnérabilité du bâti, ou encore la vulnérabilité organisationnelle dans la gestion de crise). Bien entendu cette approche est justifiable lorsque l'on veut évaluer la vulnérabilité à certains risques peu évolutifs (séismes et tsunamis entre autres), ou dans le cadre de retour d'expérience

afin d'améliorer la réponse en temps de crise. Cependant, elle devient moins adaptée dans le cadre des études de vulnérabilité face aux risques évolutifs en raison du changement climatique (ici les submersions marines et l'érosion) et de l'adaptation des sociétés face à ceux-ci. Dans le cadre du projet de recherche VulneraRé, Duvat *et al.* (2016) et Magnan *et al.* (2012) proposent ainsi une approche par les trajectoires de vulnérabilités, méthode encore peu usitée et donc relativement novatrice. Celle-ci consiste à approcher la vulnérabilité d'un territoire de manière systémique et selon plusieurs pas de temps. Pour cela, plusieurs indicateurs de vulnérabilité, concernant les aléas, l'exposition d'infrastructures humaines ou encore la protection de la population, sont créés puis renseignés à la fois pour le pas de temps actuel (T0) mais aussi pour des pas de temps précédents (T-5ans, T-10ans, etc.). Cela permet ainsi de dégager des tendances d'évolution (réduction, augmentation ou stagnation) puis de tenter d'expliquer celles-ci. L'idée de cette approche est d'intégrer le caractère évolutif des sociétés humaines et de l'aléa dans l'étude de vulnérabilité, l'argument principal étant qu'il n'est possible de conjecturer des trajectoires possibles pour les évolutions futures seulement si l'on connaît et comprends les trajectoires passées. Elle permet également d'identifier quels facteurs contribuent le plus à la vulnérabilité d'un territoire. Goujon & Magnan (2018) précisent toutefois que le but n'est pas nécessairement « d'évaluer directement la vulnérabilité future » mais d'identifier les tendances favorisant la vulnérabilité susceptible de se perpétuer en parallèle des impacts du changement climatique. Par exemple, dans le cadre du programme VulneraRé, l'approche par les trajectoires de vulnérabilités a permis d'identifier la départementalisation de l'île de la Réunion et l'importante croissance démographique comme moteurs principaux de la vulnérabilité. De plus cette méthode peut s'appliquer à d'autres territoires que les milieux littoraux, comme le prouve l'étude des trajectoires de vulnérabilités sur le territoire des Quatre montagnes, en Isère (2018), et n'est pas seulement utile pour appréhender les vulnérabilités futures. En effet, le cœur de la méthode est avant tout d'interroger les interactions entre les sociétés humaines et les écosystèmes dans la production du risque (Spiegelberger *et al.*, 2018) et donc de retracer les processus de production de celui-ci. Cette approche par les trajectoires de vulnérabilité étant intéressante, si ce n'est essentielle, pour appréhender les évolutions du risque face au changement climatique, elle sera employée dans cette étude et croisée avec un autre concept développé spécifiquement dans le cadre de l'étude des risque littoraux et développant plus encore le principe de l'approche par indicateurs en introduisant le principe de l'utilisation d'indices : celui de la vulnérabilité systémique.

LA VULNÉRABILITÉ SYSTÉMIQUE ET LE PROJET OSIRISC

Au début des années 2000, un groupe de chercheurs français s'interroge sur les limites des nombreuses définitions de la vulnérabilité. Ils identifient ainsi deux obstacles à une véritable compréhension pleine et entière de tous les aspects de la vulnérabilité d'un territoire : une séparation aléa-vulnérabilité dans les recherches sur les risques, où les aléas sont souvent étudiés à part et comme extérieure à la vulnérabilité en elle-même (Meur-Ferec *et al.*, 2020), et la « segmentation » sectorielle des aspects de la vulnérabilité, avec une différenciation de la vulnérabilité structurelle ou sociale entre autres, chacune étant étudiée dans des domaines scientifiques différents (Hénaff, 2014). C'est ainsi qu'émerge la notion de vulnérabilité systémique dans le cadre du Programme national d'environnement côtier (PNEC). Bien que le concept continuera d'être développé et d'évoluer à l'occasion de plusieurs programmes de recherche (PNEC 2002-2004, ANR Miseeva 2008-11, ANR Cocorisco 2011-13, ANR Osirisc 2016-20), il consiste, dès le départ, en un principe simple : considérer l'aléa comme partie intégrante de la vulnérabilité, et considérer celle-ci comme la résultante de quatre composantes (aléa, enjeux, gestion, représentation). Dans cette approche, chacune des composantes est liée aux autres et les influence selon le schéma ci-dessous (figure 1).

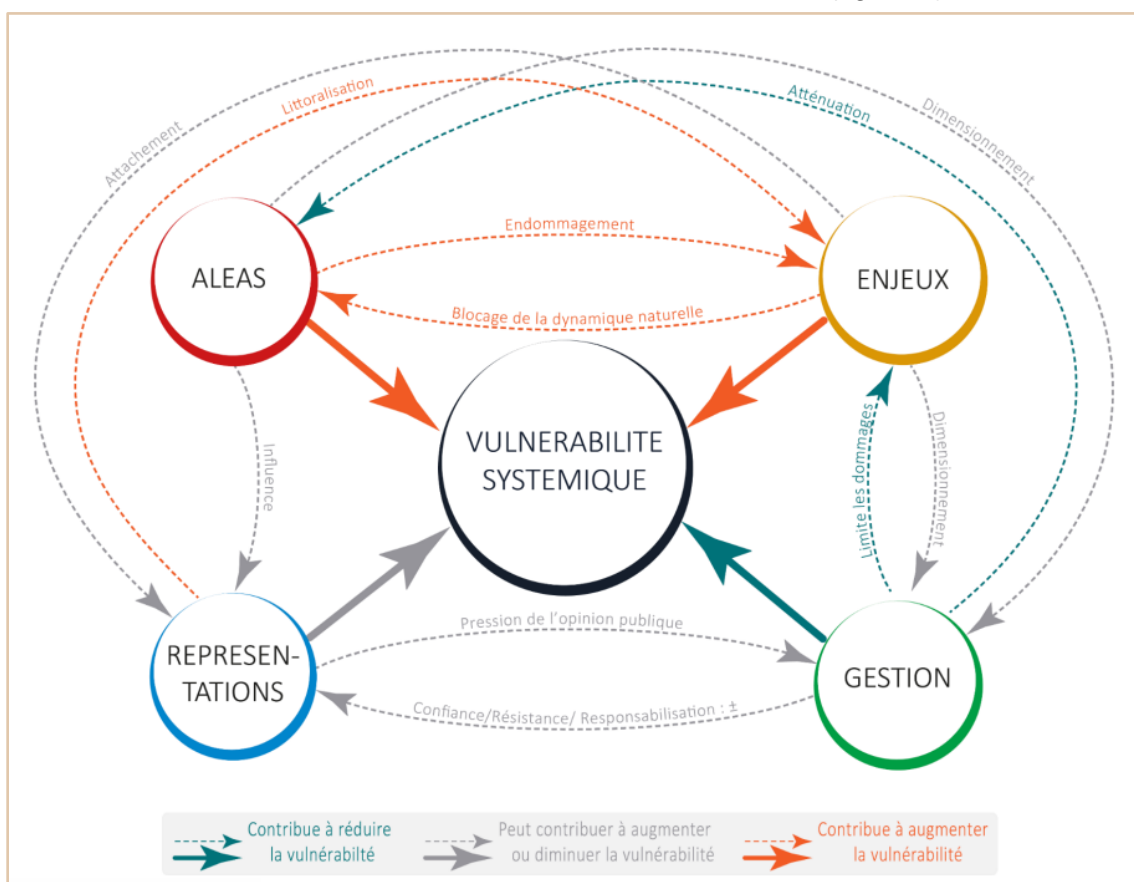


Figure 1 : Schéma des interrelations des composantes de la vulnérabilité systémique (D'après Le Berre, 2020)

L'intérêt de cette vision de la vulnérabilité est de décloisonner les différentes approches existantes et favoriser un travail interdisciplinaire. La première méthodologie d'évaluation de cette vulnérabilité systémique repose sur la création d'une grille d'analyse regroupant tous les « critères descripteurs » des composantes (Meur-Ferec *et al.*, 2006). Cela permet ensuite d'obtenir un indicateur par composante, calibré de 1 à 5 et de représenter la vulnérabilité systémique selon un radar (figure 2).

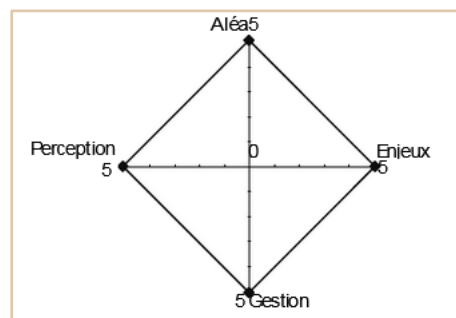


Figure 2 : Radar de représentation de la vulnérabilité systémique (d'après Meur-ferec *et al.*, 2006)

Cependant, cette méthodologie n'intègre pas de représentation cartographique des indicateurs. De plus, jusqu'en 2016, la méthode de la vulnérabilité systémique était essentiellement utilisée à des fins de diagnostic des risques sur un territoire à un temps T, soit de manière statique (Meur-Ferec *et al.*, 2020). Ces deux éléments limitants seront corrigés dans le cadre du projet Osirisc. L'enjeu de ce dernier est de « développer un outil qui soit compatible avec les pratiques et l'expertise locale, opérationnel dans l'évaluation et le suivi des risques côtiers et qui ne sacrifie pas les acquis de l'approche systémique » (Marcel *et al.*, 2018). La dimension temporelle est donc ajoutée à l'approche, dans le but de suivre l'évolution des indicateurs et déterminer des trajectoires de vulnérabilité. Pour cela, plusieurs variables décrivant les composantes sont définies et rapportées à un référentiel commun permettant de les comparer et les croiser, cela devient alors des indicateurs. Si l'utilisation d'indicateurs était déjà présente lors de la première approche de la méthodologie, OSIRISC approfondit ce principe et développe de nouveaux indicateurs adaptés à un suivi. Plus d'une centaine d'entre eux ont ainsi été identifiés, avant d'être réduits à 62 indicateurs opérationnels (Meur-Ferec *et al.*, 2020). De plus, ces derniers sont agrégés sous SIG selon une maille de 200x200 mètres, permettant une représentation visuelle des données, et une identification des périmètres les plus vulnérables. On peut donc considérer le projet de recherche OSIRISC comme un aboutissement de la méthodologie de la vulnérabilité systémique, qui allie interdisciplinarité, approche systémique et représentation visuelle efficace pour les décideurs non spécialistes. Les indicateurs étant pensés pour du suivi temporel et indépendant les uns des autres, c'est sur ceux-ci que la présente étude se basera pour déterminer les trajectoires d'évolution des quatre composantes de la vulnérabilité systémique.

Toutefois, bien que les indicateurs choisis soient novateurs, ils s'inscrivent tout de même dans une continuité scientifique et non dans une optique de point de rupture. Ceux-ci ont donc été déterminés en prenant en compte les nombreux travaux existants déjà sur les quatre composantes.

LES ALÉAS SUBMERSION MARINES ET ÉROSION CÔTIÈRE : QUELLES CONNAISSANCES SUR LES EFFETS ET ÉVOLUTIONS AU 21^{ÈME} SIÈCLE ?

Les conditions météorologiques de tempêtes, et notamment la baisse de la pression atmosphérique, peuvent entraîner des surcotes marines, c'est-à-dire une élévation brutale du niveau marin local (Ullmann & Sabatier, 2010). Ces surcotes peuvent entraîner des forçages vers l'intérieur des terres et inonder les zones situées en dessous du niveau des plus hautes mers, résultant en une submersion marine (ORRM PACA). Le vent associé aux conditions de tempêtes peut également provoquer une bascule du plan d'eau connaissant déjà une surcote et créer des pics de surcote déferlant par la suite plus en avant dans les terres, atteignant des altitudes supérieures au niveau des plus hautes mers (Ullmann & Pirazzoli, 2007). Ces conditions météorologiques et leurs conséquences sont les facteurs les plus importants de l'érosion des côtes sableuses exposées à la houle, celle-ci pouvant être augmentée par l'élévation du niveau marin (Brunel & Sabatier, 2009). Toutefois, le changement climatique et ses effets annoncés ne devraient pas avoir, localement, de conséquences majeures sur la fréquence d'apparition des types de temps propices à de fortes surcotes et vagues sur le Delta du Rhône (Ullmann & Sabatier, 2010). Cependant, si les types de temps favorables ne devraient pas être plus fréquents, les submersions marines pourraient tout de même être plus régulières. En effet, des élévations ponctuelles du niveau marin sans conséquences aujourd'hui pourraient venir impacter les enjeux dans le futur si on y ajoute les élévations prévues par le GIEC. Le sixième rapport sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité, datant de février 2022, annonce une élévation de 28 à 55 cm en 2100 pour le scénario le plus optimiste et jusqu'à 1 mètre pour le scénario le plus pessimiste. Ces évolutions de l'aléa viendront certainement modifier son impact sur les enjeux.

LES ENJEUX D'UNE SOCIÉTÉ : QUELLE TYPOLOGIE ?

Lorsque le risque (qui peut être entendu comme une probabilité statistique d'occurrence) se matérialise à travers un phénomène naturel, la question des enjeux et de leurs dommages émerge. Ces derniers peuvent se définir comme la somme des éléments exposés au risque d'une société. Ces enjeux peuvent être de natures diverses : économiques (Zones d'activités économiques, commerces, ...), stratégiques

(centres de commandements, ministères, ...), fonctionnels (axes de communications, infrastructures de production d'énergie, ...), ou encore affectifs (Leone et al., 2021). Il n'y a donc pas un enjeu, mais une multiplicité d'enjeux, dont les dysfonctionnements peuvent affecter la société de différentes manières selon leur nature. Cette notion d'enjeux est quasi systématiquement liée à celle de vulnérabilité, dans le sens où elle représente la propension de l'enjeu à subir un dommage. Selon D'Ercole *et al.* (1994), les facteurs de vulnérabilités des éléments exposés peuvent être de natures diverses et liés aux particularités d'un territoire, tout comme le sont les enjeux. Il est également communément admis que c'est le croisement de l'aléa et des enjeux qui crée le risque (Leone et al., 2021), la gestion de celui-ci (à travers la mitigation de l'aléa ou la réduction de la vulnérabilité des enjeux) pouvant faire varier son potentiel de dommages à la société.

ÉVALUATION DE LA GESTION DES RISQUES : DES CONNAISSANCES MANQUANTES ?

La bibliographie ayant pour le thème le suivi et l'évaluation de la gestion du risque est peu fourni, si ce n'est inexistante. Il existe bien des articles scientifiques abordant les évolutions de paradigmes dans la gestion du risque littoral (Meur-Ferec *et al.*, 2013), les enjeux de territorialisation des stratégies nationales de gestion (Mineo-Kleiner *et al.*, 2021) ou encore les principes et limites de la stratégie de gestion intégrée des zones côtières (Billé, 2006; Rey-Valette *et al.*, 2006), mais ils n'abordent pas directement les techniques et outils existants pour évaluer cette gestion sur le terrain. L'un des rares articles traitant la question de la gestion sous cette angle à été écrit dans le cadre du projet OSIRISC et détaille les étapes nécessaires à la définition d'indicateurs opérationnels de suivi de la gestion du risque littoral sur un territoire (Quillet *et al.*, 2019). Il y est proposé de séparer les indicateurs selon cinq grands thèmes jouant un rôle dans la gestion du risque : la stratégie locale, la maîtrise de l'urbanisation, la sensibilisation, la connaissance, et la gestion de crise. Cela permet d'avoir une vision globale de tous les aspects de la gestion du risque littoral sur un territoire, qui, outre la réduction des enjeux dans les zones à risques, doit préparer la réponse des secours et des services publics en cas de crise, ainsi que sensibiliser les populations afin qu'elle sache les risques auxquels elle est exposée et puisse réagir en conséquence.

PERCEPTIONS/REPRÉSENTATION DES RISQUES : QUELLES NUANCES ?

Un territoire soumis aux risques est défini par les aléas auxquels il est exposé et ses enjeux potentiellement dommageables, mais aussi par les perceptions et représentations du risque de la population habitant et pratiquant le territoire (habitants,

commerçants, élus, agriculteurs, etc...). Ces notions sont une composante de la vulnérabilité systémique mais connaissent toutefois un débat sémantique. Issues des domaines sociologiques et psychologiques (la notion de perception a été formalisée par le psychologue social Serge Moscovici en 1961) avant de rejoindre le domaine des sciences géographiques, Hervé Flanquart (2014) en propose une définition adaptée au domaine de la gestion des risques naturels. La perception ferait ainsi appel tout à la fois aux souvenirs, aux sens et à la capacité d'analyse de l'individu pour concevoir le risque de manière à la fois consciente et inconsciente. La perception serait ainsi intimement liée au vécu de l'individu et susceptible d'évoluer et, de par son sens plus large est souvent « plus adéquat que celui de représentation pour rendre compte des relations que les individus entretiennent au quotidien avec les risques » (Flanquart, 2014). La représentation est donc à l'inverse une conception « unifiée et stable » des risques, qui ne ferait que difficilement appel à l'émotion, et se définit comme une « vision claire et arrêtée des risques » (Flanquart, 2014). Les deux termes seront employés dans cette recherche, qui vise justement à déterminer si la population camarguaise conçoit les risques érosion et submersion selon leur vécu et sentiments, ou s'ils ont une approche plus complète et méthodique de ceux-ci. Les recherches existantes sur le sujet tendent à montrer que les habitants de zones littorales semblent globalement peu inquiets des risques littoraux sur les communes, avec toutefois des différences selon qu'ils aient vécu ou non des submersions marines (Hellequin et al., 2013; Lemée et al., 2019; Longépée et al., 2015).

1. LA CAMARGUE ET LES SAINTES-MARIES-DE-LA-MER : UN TERRITOIRE VÉCU HAUTEMENT ANTHROPISÉ

La Camargue, que l'on peut délimiter de manière grossière par le delta du Rhône, lui-même encadré par le Petit Rhône et le Grand Rhône, est un espace vécu. Ce terme renvoie à un espace qui n'est pas délimité par des frontières administratives ou naturelles strictes, mais plutôt à un territoire aux frontières floues, défini par l'attachement des individus qui y vivent, leur culture et leurs valeurs (Frémont, 1999). Dans le cas de la Camargue, en plus de la culture camarguaise, ce sont aussi ses paysages, sa topographie et sa biodiversité qui en font un espace particulier et unique. Pour atteindre notre but de pleinement comprendre la vulnérabilité systémique de celui-ci, il apparaît comme primordial de connaître les particularités géomorphologiques du delta et les agents à l'œuvre dans sa mobilité, mais aussi les temps de développement des Saintes-Maries-de-la-Mer et de la création de la culture camarguaise.

1.1. DYNAMIQUES, MOBILITÉS ET MODIFICATION DU DELTA À TRAVERS LE TEMPS

Au départ de la Suisse, le Rhône termine sa course dans la Méditerranée par un delta composé des sédiments qu'il a charriés durant son parcours. Ce complexe deltaïque se forme depuis le début de l'Holocène (11 700 ans avant le présent (A.P. ou B.P. en anglais), soit 9 750 ans avant J.C.), et a évolué au gré des apports sédimentaires, des évènements tempétueux et des variations du niveau marin.

1.1.1. Un delta mobile par nature

Aujourd'hui composé des branches du Grand Rhône (charriant 90% des débits liquides) et du Petit Rhône, lesquels encadrent ce que l'on nomme l'île de Camargue depuis le 9^{ème} siècle, le delta du Rhône était autrefois bien différent de par sa morphologie et ses branches actives (Arnaud-Fassetta & Lippmann-Provansal, 1993). Située à environ 12 km au sud de la ville d'Arles en 7 000 A.P. (soit 5 050 avant J.C.), la ligne de rivage est de nos jours à environ 26 km au sud de cette même ville. Le delta a donc connu une progradation (avancée des espaces émergés sur la mer) sur plusieurs milliers d'années pour en arriver à la forme qu'on lui connaît aujourd'hui (figure 3).

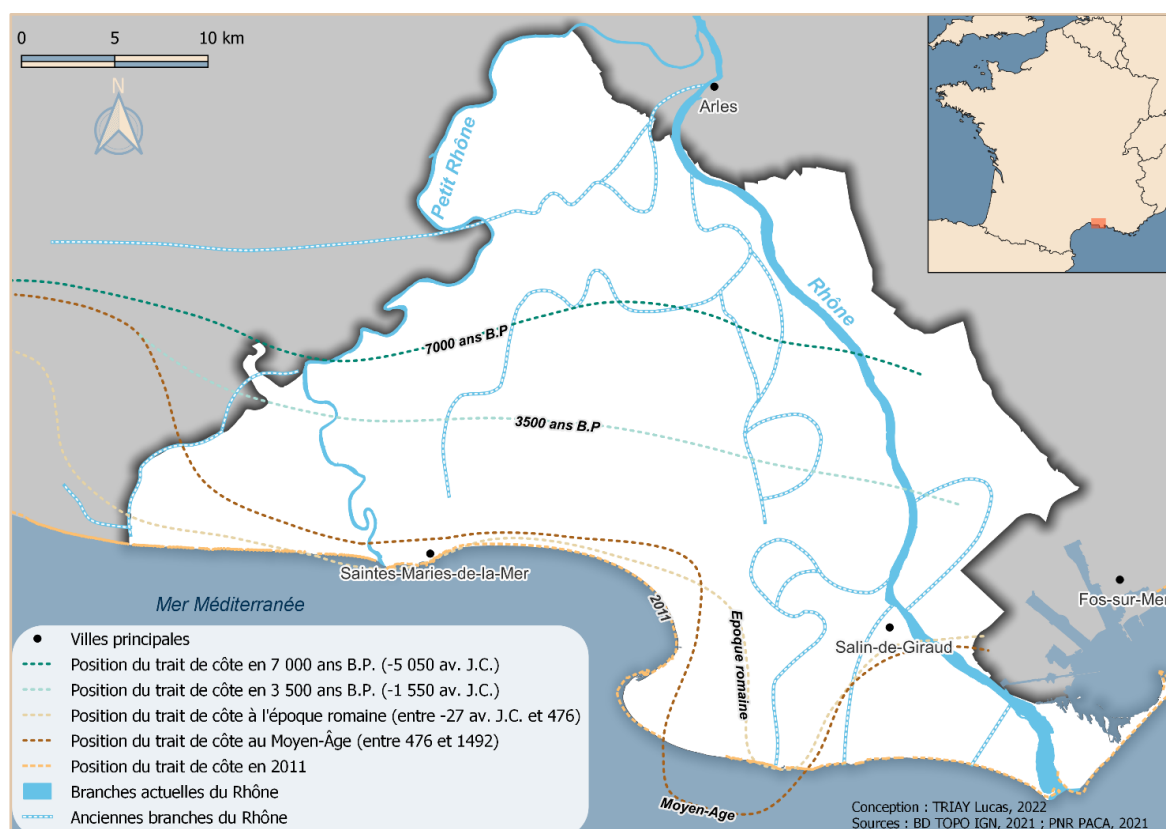


Figure 3 : Positions successives du trait de côte depuis 7 000 ans A.P. et des anciennes branches du Rhône, TRIAY Lucas, 2022

Vella *et al.* (2005) expliquent cette construction géomorphologique du Delta durant l'Holocène par l'eustatisme (variations du niveau moyen des mers) et les variations

d'apports en sédiments alluviaux. De 10 000 ans A.P. à 7 000 ans A.P., les variations du niveau des mers étaient très rapides, ce qui a gêné les dépôts d'alluvions et a conduit à une rétrogradation (un recul vers l'intérieurs des terres) et une construction verticale des sédiments. Puis, à partir de 7 000 ans A.P., une décélération de la variation du niveau marin a permis une progradation sous l'influence des flux sédimentaires, qui pouvaient cette fois s'étendre sur un plan horizontal. De plus, le Rhône étant un fleuve méandrique, les branches charriant les sédiments pouvaient se déplacer et répartir différemment les sédiments sur le delta. Cependant, à partir de l'Epoque romaine, le delta commence à être mis en culture, et l'exploitation agricole se poursuit au Moyen-Âge. Les divagations des branches du Rhône au sein du delta et l'envasement périodique de celui-ci représentent un frein à cette exploitation. Un début d'endiguement commencera alors et l'on passera d'un style fluvial à plusieurs bras divagants (jusqu'au 18^{ème} siècle) à un chenal rectiligne à partir de 1711 (PNR Camargue). Une digue à la mer sera également construite au 19^{ème} siècle, venant limiter les entrées maritimes et se substituant au trait de côte. Celui-ci évoluera dès lors assez peu, jusqu'à donner progressivement le trait de côte actuel, sculpté essentiellement par les dynamiques érosives car les sédiments sont devenus rares avec l'endiguement et les nombreux barrages érigés sur le Rhône. Ces évolutions géomorphologiques donnent aujourd'hui un delta à l'altitude basse, dont environ 70% des terres émergées se situent à moins d'1 mètre d'altitude (figure 4).

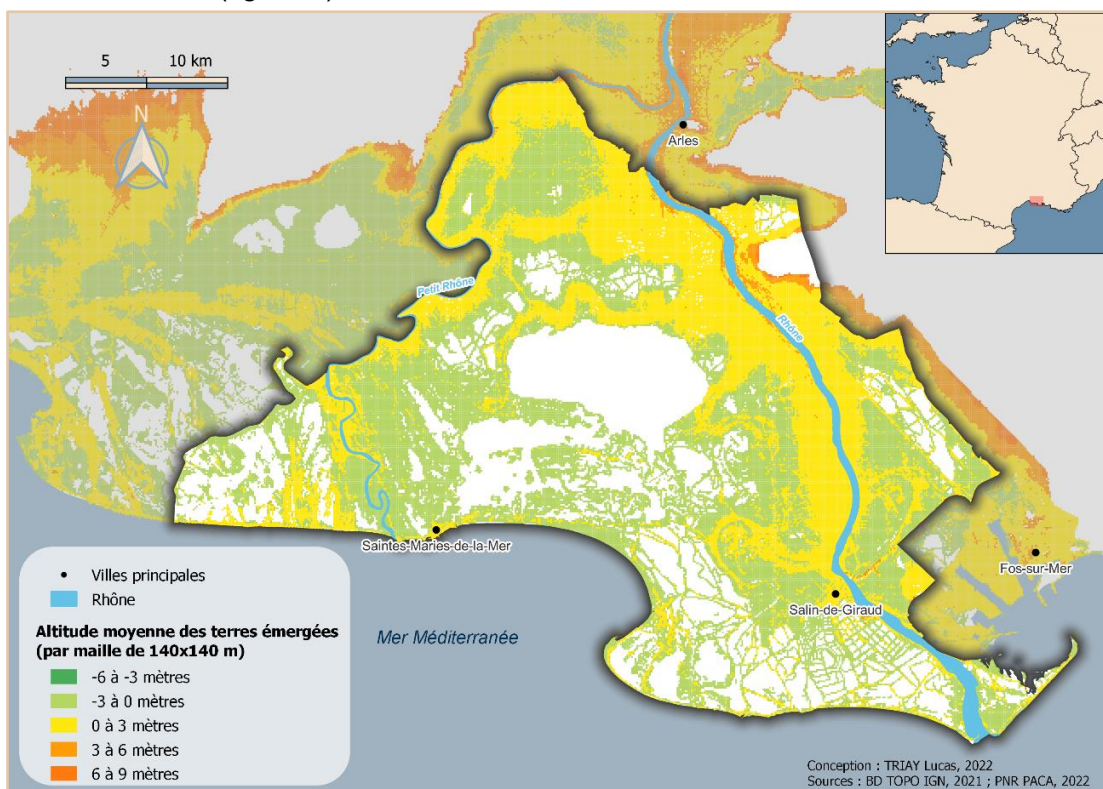


Figure 4 : Altitudes moyennes du delta par maillage de 140x140 m, TRIAY Lucas, 2022

Les endiguements, l'activité humaine et les barrages construits sur le Rhône viendront finalement créer un déficit en sédiments problématique pour le delta. En effet, ne disposant plus d'apports par les alluvions, le delta devient un littoral globalement en recul, classé parmi les « wave dominated high destructive delta system » (Arnaud-Fassetta & Lippmann-Provansal, 1993). Les côtes sableuses meubles du delta sont ainsi soumises de nos jours à de nombreux agents favorisant leur érosion et leur mobilité.

1.1.2. Caractérisation des agents de mobilité de la côte sableuse du delta

Les dynamiques érosives actuelles du trait de côte sont favorisées par plusieurs agents de mobilité : le vent, les vagues, et la dérive littorale. Ils n'agissent cependant pas tous avec la même intensité et selon la même temporalité. La dérive littorale, ou transit littoral, qui désigne le transport de sédiments par les courants longitudinaux à la côte, est un agent de mobilité qui assure un transport non constant. Ce courant longitudinal existe lorsque la houle arrive de manière oblique sur le rivage et engendre par son déferlement ce courant. Le transit littoral peut connaître des variations d'intensité, en fonction de la puissance des vagues notamment, mais intervient toujours au sein d'une cellule sédimentaire (Kulling, 2017). Ces cellules, souvent délimitées par des obstacles naturels (flèche sableuse, embouchure de fleuve) ou anthropiques (enrochements, ports) encadrent l'action de la dérive littorale et sont « étanches » l'une envers l'autre. Il n'y a donc pas d'échange sédimentaire entre les cellules, qui disposent d'un bilan sédimentaire nul (les sédiments perdus dans une zone d'érosion de la cellule se retrouveront dans une zone d'accrétion de la même cellule). Le littoral camarguais est composé de quatre cellules sédimentaires dont les zones d'érosion sont assez développées et actives (figure 5).

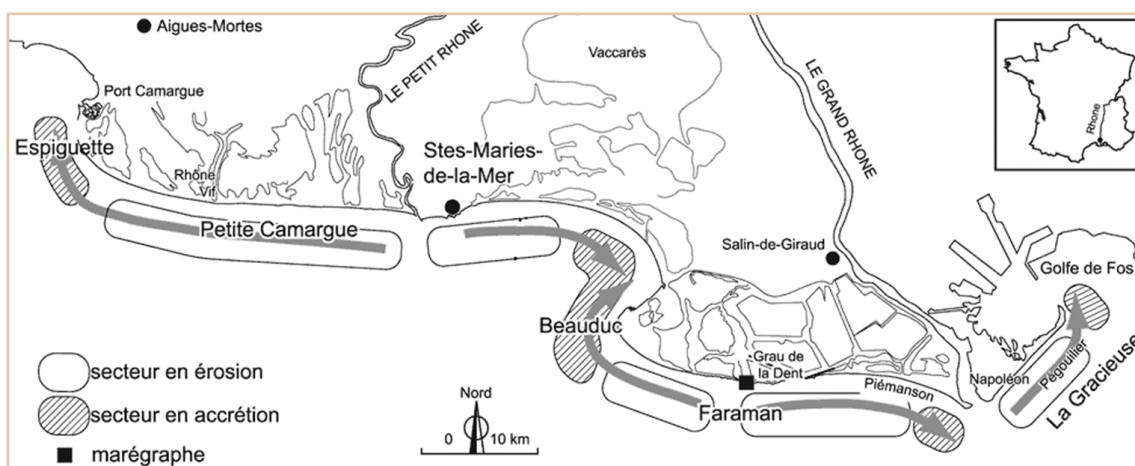


Figure 5 : segmentation des cellules sédimentaires du littoral camarguais, d'après Sabatier, 2001

Outre la dérive littorale qui assure un transit sédimentaire et vient donc modifier le profil du trait de côte, les vagues sont également un agent érosif puissant.

Lors des tempêtes, où les vagues peuvent être assez violentes, un sapement de la plage se produit et intensifie l'érosion en emportant les sédiments vers le large. Ces périodes de surcotes se produisent essentiellement, en Camargue, d'octobre à mars. Enfin, le vent est un agent primordial dans la mobilité du littoral (figure 6). En effet, il est non seulement responsable de la formation des vagues et de la houle et de leur direction, mais il a également une action directe sur les sédiments des plages et des cordons dunaires. Un vent de terre (qui souffle de la terre vers la mer) aura tendance à repousser les sédiments vers le large. Si ces vents de NW et N-NW n'ont pas de saisonnalité marquée et souffle toute l'année en Camargue (34 à 37% du régime total des vents), ils deviennent plus fréquents et violents durant la période hivernale, soit les mois de février et mars (Oliveros & Lambert, 2004). Ces vents dominants ne sont ainsi pas favorables à la formation de cordon dunaire. Les tempêtes d'automne et d'hiver s'accompagnent généralement de vents de mer E à E-SE violents qui favorisent les submersions marines et donc l'attaque du rivage par les vagues de tempête (Sabatier, 2008). Cela marque une concomitance avec les périodes de surcote observées d'octobre à mars. Le littoral camarguais est donc soumis à une période de perte sédimentaires essentiellement durant l'automne et l'hiver, où le plus gros de l'érosion intervient, et dispose du printemps et de l'été, aux conditions plus clémentes, pour compenser faiblement les pertes sédimentaires. Bien qu'imposant des inconvénients aux populations vivant en Camargue et exploitant le territoire, la mobilité et l'érosion du trait de côte, ainsi que la submersion de ces terres lors des tempêtes, sont des phénomènes naturels et tout à fait normaux dans la vie des deltas. Ces derniers sont d'ailleurs en mesure de s'y adapter pour peu que leur fonctionnement naturel ne soit pas entravé. Or, le delta du Rhône a été intensément anthropisé.

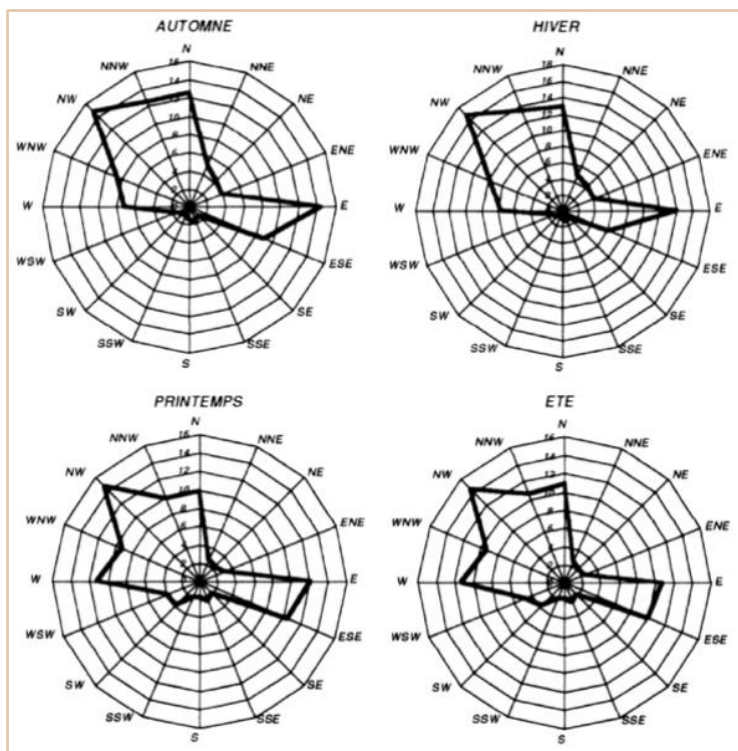


Figure 6 : Distribution saisonnière des vents en Camargue, d'après Oliveros et Lambert, 2004

violents durant la période hivernale, soit les mois de février et mars (Oliveros & Lambert, 2004). Ces vents dominants ne sont ainsi pas favorables à la formation de cordon dunaire. Les tempêtes d'automne et d'hiver s'accompagnent généralement de vents de mer E à E-SE violents qui favorisent les submersions marines et donc l'attaque du rivage par les vagues de tempête (Sabatier, 2008). Cela marque une concomitance avec les périodes de surcote observées d'octobre à mars. Le littoral camarguais est donc soumis à une période de perte sédimentaires essentiellement durant l'automne et l'hiver, où le plus gros de l'érosion intervient, et dispose du printemps et de l'été, aux conditions plus clémentes, pour compenser faiblement les pertes sédimentaires. Bien qu'imposant des inconvénients aux populations vivant en Camargue et exploitant le territoire, la mobilité et l'érosion du trait de côte, ainsi que la submersion de ces terres lors des tempêtes, sont des phénomènes naturels et tout à fait normaux dans la vie des deltas. Ces derniers sont d'ailleurs en mesure de s'y adapter pour peu que leur fonctionnement naturel ne soit pas entravé. Or, le delta du Rhône a été intensément anthropisé.

1.1.3. Un espace faussement naturel

Il est souvent fait référence à la Camargue comme d'un espace sauvage et naturel, où l'Homme ne s'est pas installé. Or, cette vision n'est qu'une perception altérée du territoire, qui a, en réalité, été profondément modifiée et dont les eaux ont été « domptées » pour permettre une exploitation du delta. Si bien qu'aujourd'hui, peu sont les espaces véritablement naturels dont le fonctionnement n'a pas été détérioré par les êtres humains. La modification du delta par la main de l'Homme débute dès la période gallo-romaine. Si on ne s'installe pas dans le delta, les bras du Rhône servent de couloirs de navigations (des traces d'installation de comptoirs commerciaux seront mises au jour) et la culture du blé commence à se développer. Les éléments restent toutefois capricieux et les domaines agricoles doivent composer avec les inondations du Rhône, les intrusions marines, la haute salinité des sols et le paludisme. Les premières modifications profondes du paysage camarguais interviendront au 12^{ème} siècle par l'édification de digues morcelant le territoire pour protéger les cultures et les quelques rares habitations. Outre les digues du Rhône et la digue à la mer déjà évoquées et visant à se protéger des aléas, des canaux d'irrigation par gravité sont également créés dès le 16^{ème} siècle pour faciliter l'agriculture. Toutefois, avec l'endiguement total du Rhône à partir du 19^{ème} siècle, l'eau douce qui était apportée, en quantité suffisante par les crues et servait à repousser la nappe salée des sols ne peut plus exercer son rôle. On répondra à cette problématique stérilisant les terres par un système d'irrigation active par pompage des eaux du Rhône, bien plus efficace et développé que le système par gravité. De nos jours, les 153 pompes alimentent en eau douces des centaines de canaux gérés de manière collective pour les 2/3 et privé pour 1/3 (PNR Camargue). Ces aménagements ont permis l'essor de la riziculture, de la viticulture, de la saliculture et de l'élevage de races endémiques de taureaux et chevaux (ces activités disposant toutes de labels AOP ou IGP). Toutefois l'introduction d'eau douce dans cet espace endigué a fini par poser la question de l'évacuation des excédents. Un système de drainage sera mis en place de manière généralisé à la fin du 19^{ème} siècle et rejettera les eaux dans l'étang du Vaccarès, dont l'engorgement en eau douce nécessitera un repompage vers le Rhône et la mer et partagera la Camargue en six bassins de collectes des eaux. Ces nombreux aménagements visant à assainir, exploiter et habiter l'île de Camargue et le contrôle des flux hydriques ont peu à peu transformé le delta en espace intensément artificialisé (figure 7). Ce faisant les dynamiques naturelles de ce milieu et leur potentiel adaptatif face aux enjeux d'érosion et d'élévation du niveau marin ont été effacées.

C'est sur cet espace grandement déstabilisé que la principale occupation urbaine du delta, la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, est venue se développer.

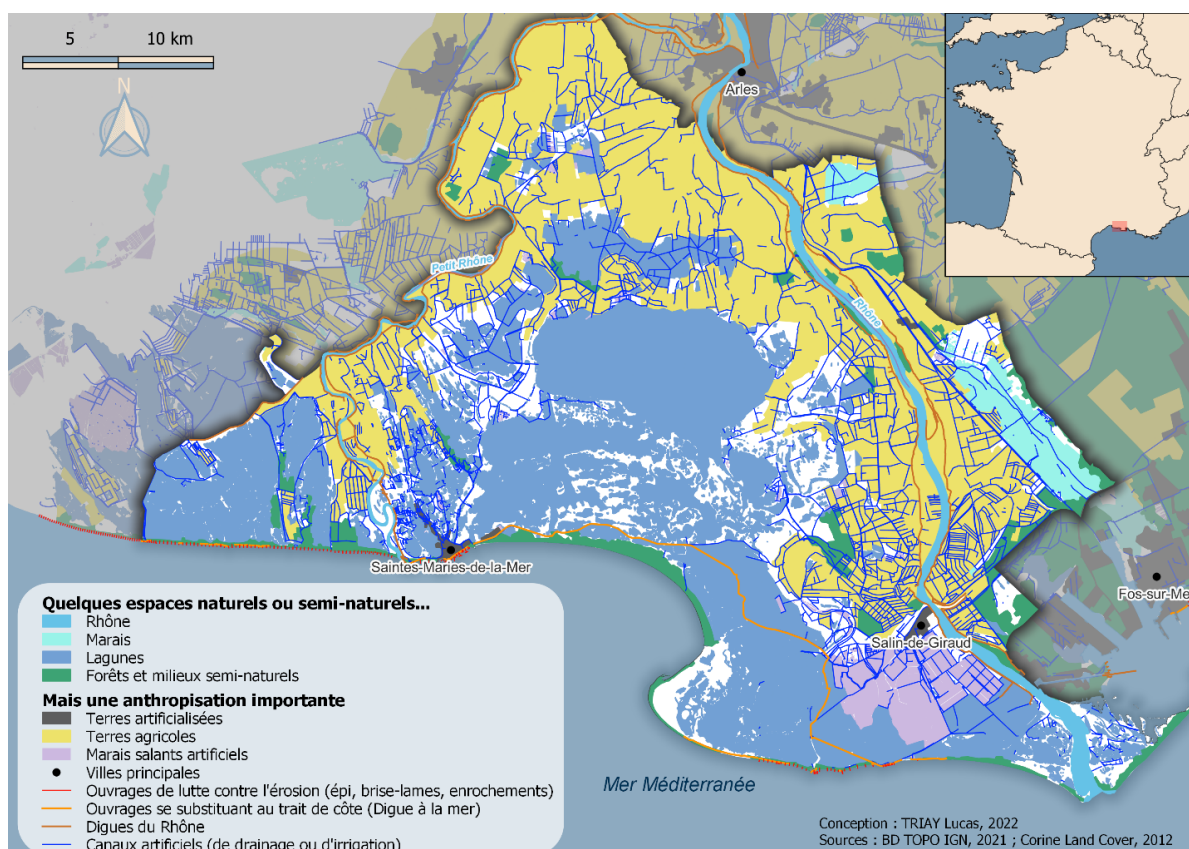


Figure 7 : Représentation de l'artificialisation des sols et des flux hydriques de la Camargue, TRIAY Lucas, 2022

1.2. LES SAINTES-MARIES-DE-LA-MER : « CAPITALE » DE LA CAMARGUE AU DÉVELOPPEMENT RÉCENT

Troisième plus grande commune de France en termes de superficie, les Saintes-Maries-de-la-Mer porte fièrement son titre de capitale de la Camargue. Située juste à l'est de l'embouchure du Petit Rhône et à environ 30 kilomètres au sud-est d'Arles, elle centralise tous les marqueurs culturels propres à la Camargue (fêtes, corridas, course camarguaise, pèlerinage) et est la seule commune se situant toute entière sur le delta (l'unité urbaine de Salin-de-Giraud appartient à Arles). L'ascension de celle-ci en tant qu'élément incontournable de la Camargue n'était pas pour autant une évidence. La position du village, encadré par la mer au sud, les marais au nord et à l'ouest, et les lagunes à l'est, en fait un espace quasi insulaire. De plus, la nature rude du delta, le rendant longtemps impropre à une vie saine, a dissuadé les populations de s'y installer durant de nombreux siècles. Ce n'est qu'à partir du 20^{ème} siècle que la commune connaîtra un développement significatif.

1.2.1. Une intensification du développement urbain et démographique à partir du 20^{ème} siècle

Jusqu'au 19^{ème} siècle, la Camargue est perçue comme un espace inhospitalier et mortel, l'insalubrité, liée notamment au manque d'eau douce et à la présence importante de moustique, réduisant l'espérance de vie de ses occupants. Les quelques rares habitants permanents de cet espace sont essentiellement des migrants, attirés par le besoin en main d'œuvre des exploitations agricoles et des compagnies de saliculture, ce qui forgera le dicton local « Nul ne meurt ni ne naît en Camargue ». Les Saintes-Maries-de-la-Mer n'est alors qu'un simple petit village s'étant bâti autour de son église du 11^{ème} siècle (photographie 1). Les progrès en termes de



Photographie 1 : Photographie du village des Saintes-Maries-de-la-Mer à la fin du 19^{ème} siècle (datation incertaine : 1881-1903), auteur : Blanchin Tarascon, archives départementales des Bouches-du-Rhône

salubrité, de transport et de confort de vie du 20^{ème} siècle favorisent l'installation des populations aux Saintes-Maries-de-la-Mer. Après la Seconde Guerre Mondiale, 1687 habitants sont recensés (en 1946) contre seulement 828 habitants 110 ans auparavant, en 1836, soit un doublement de la population. Dès lors, le village connaîtra un développement urbain important, encouragé notamment par l'essor du tourisme balnéaire à partir des années 1960. On remarque ainsi sur la figure 8 que le nombre de résidences a triplé en l'espace de 60ans, de 1968 à 2018. Autrefois resserré autour de son église, le village s'est étalé sur les terres environnantes disponibles. Si le nombre de résidences a connu une forte augmentation, ce n'est pas le cas de la population permanente, qui oscille entre 2000 et 2500 habitants depuis 1968, avec une légère tendance à la hausse. Cela s'explique par le nombre de résidences secondaires qui a dépassé celui des résidences principales depuis 1999. En 2018, elles représentent 60% du total des résidences sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. Cette part importante indique une saisonnalité forte de la population des saintes-Maries, avec donc une augmentation significative en été. Ce développement rapide de la commune rejoint la problématique de multiplication intense des enjeux sur les littoraux déjà évoqués dans l'introduction.

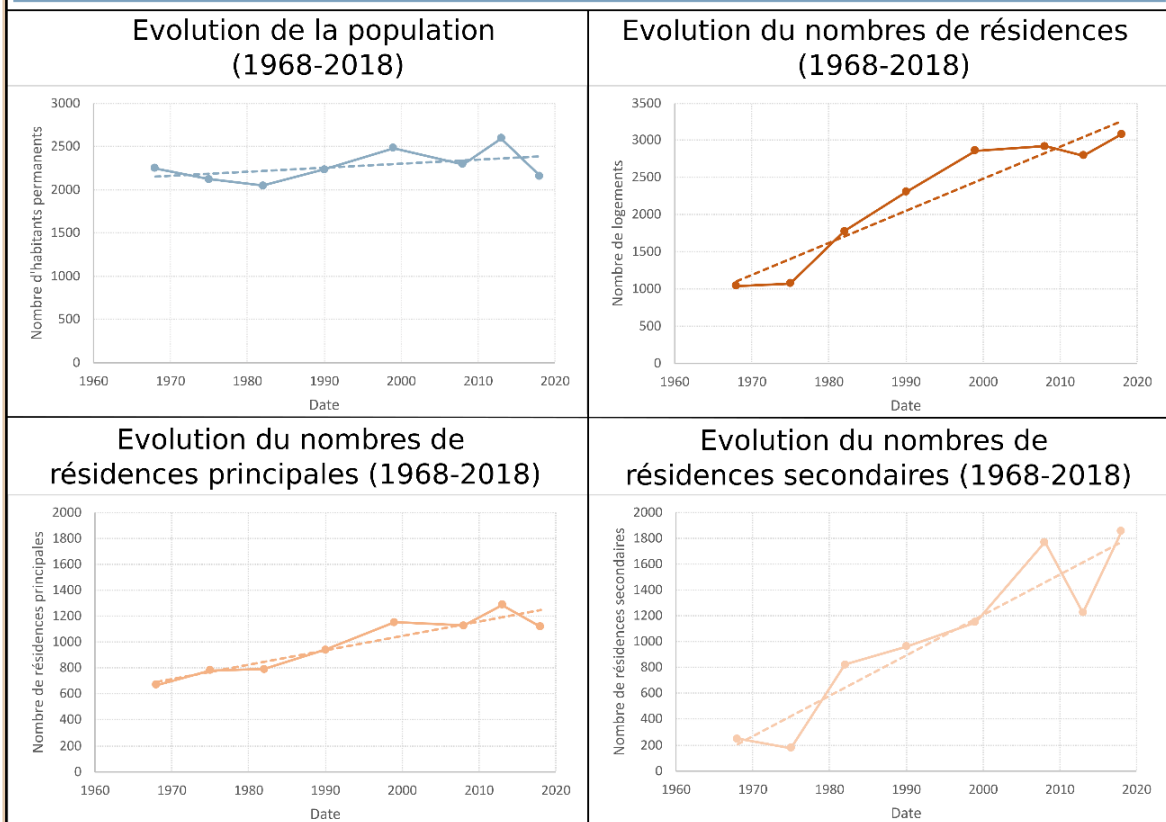
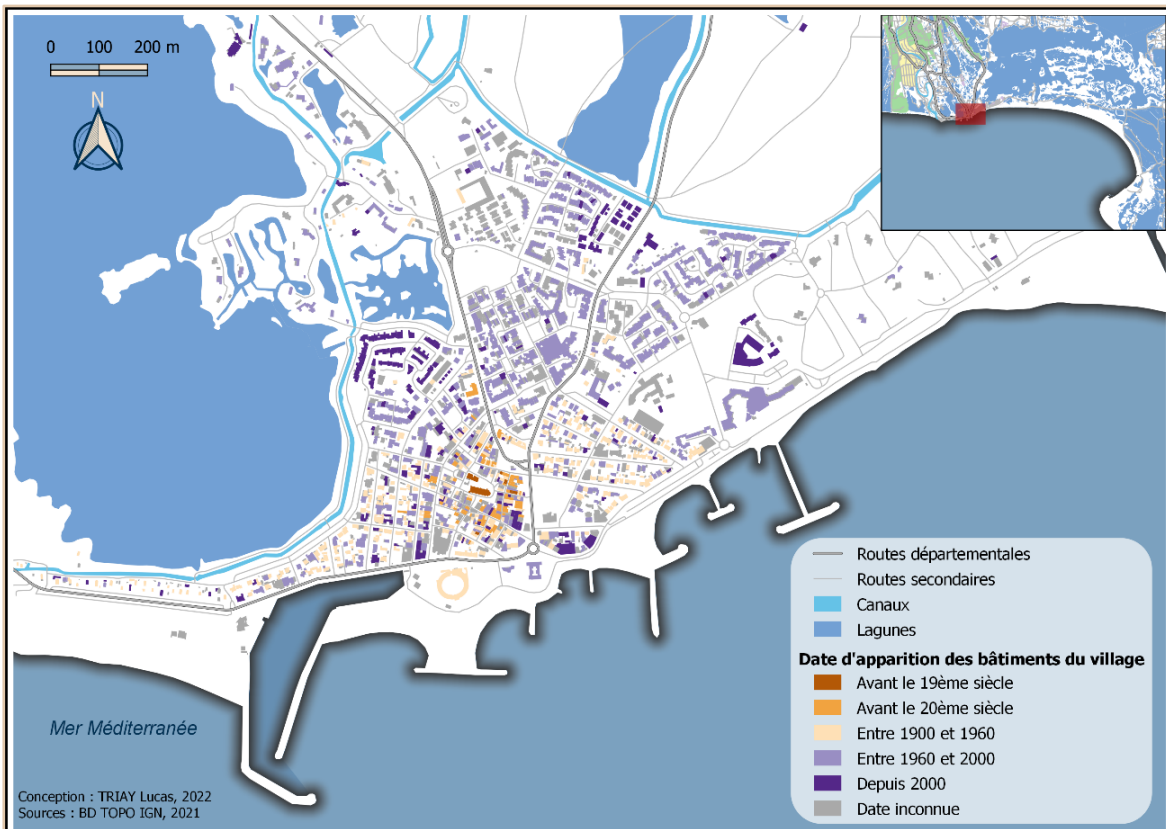


Figure 8 : Evolution démographique et urbanistique du village des Saintes-Maries-de-la-Mer depuis 1968, d'après données de l'INSEE issues du recensement de la population et BD TOPO IGN, TRIAY Lucas, 2022

1.2.2. La création d'une culture et d'une identité camarguaise

En parallèle de l'augmentation démographique de la commune, se développeront également une culture et une identité propre à la Camargue et dont les Saintes-Maries-de-la-Mer sera le fer de lance. Celle-ci se structurera autour de quatre éléments : l'art, qui participera à la diffusion d'une certaine image de la Camargue, l'élevage de taureaux et de chevaux, les paysages, propres au delta et uniques dans la région, et la religion, les Saintes-Maries-de-la-Mer étant un lieu de pèlerinage. Si elle se base sur certains éléments présents de longue date sur le delta, l'identité culturelle sera tout de même en grande partie forgée par un mouvement littéraire et pictural rejetant le progrès du monde moderne et prônant un retour à la nature. Le marquis Folco de Baroncelli en sera le plus éminent représentant. Installé aux Saintes-Maries-de-la-Mer à la fin du 19^{ème} siècle, il y est éleveur de taureaux et glorifiera dans ses écrits la figure du gardian (celui qui élève taureaux et chevaux), tout en étant à l'initiative de « fêtes gardiennes » et de spectacles sous forme de jeux équestres. Considéré comme « l'inventeur de la Camargue », les artistes qui suivent son mouvement de « culture gardienne » participeront à la diffusion d'une représentation idéalisée à travers des tableaux, poèmes, romans et celle-ci atteindra son paroxysme avec la production de plusieurs films ayant pour cadre le delta (le plus célèbre étant Crin-Blanc, sorti en 1953), qui achèveront de faire des Saintes-Maries-de-la-Mer un espace attractif. De plus, si les pèlerinages jusqu'à l'église des Saintes-Maries existent depuis le Moyen-Âge, les populations gitanes, qui l'entreprennent depuis le 19^{ème} siècle, leur ont donné une tout autre ampleur, faisant de ces derniers de grandes fêtes rassemblant les gitans de toute l'Europe pour célébrer leur patronne, Sainte Sarah. Aujourd'hui la culture gardienne se retrouve à la fois dans la vie économique (avec les élevages) et festive (pèlerinage, fête gardienne) du village mais également dans l'architecture, à travers l'emblématique cabane de gardian ou encore la gastronomie, à travers les nombreux labels AOP et IGP. Tout cela, en plus des paysages endémiques du delta, participe donc à la forte attractivité touristique de la commune. Cette identité culturelle marquée cimente également l'hypothèse selon laquelle celle-ci permettrait une connaissance accrue de son territoire et des risques auxquels il est exposé. Cela se justifie par la place qu'occupe le paysage et l'environnement dans la culture camarguaise : les élevages de taureaux et chevaux se font sur les sansouïres (des sols à forte teneur en sel sur lesquels pousse de la salicorne), l'imaginaire collectif est fortement lié aux lagunes et marais du delta, les cabanes de gardians sont adaptées aux vents dominants du secteur, etc.

1.2.3. Occupation du sol : ruralité et omniprésence de l'eau

Une autre des particularités du village des Saintes-Maries-de-la-Mer, qu'il est nécessaire de connaître dans le cadre de cette étude, réside dans son occupation du sol. La commune se distingue en effet par une présence importante de l'eau, à travers les lagunes, marais et étangs, au sein même des limites communales. De fait, les terres émergées représentent seulement 41,65% de la surface totale de 370,91 km² que compte les Saintes-Maries. Elle est également marquée par une forte ruralité. Le tissu urbain représente 0,94% de la surface des terres émergées, et seulement 0,39% de la surface totale. 31% des terres émergées sont dédiées à l'agriculture quand le reste est composé de marais et sansouïres sur lesquels sont élevés taureaux et chevaux endémiques de la région (Figure 9).

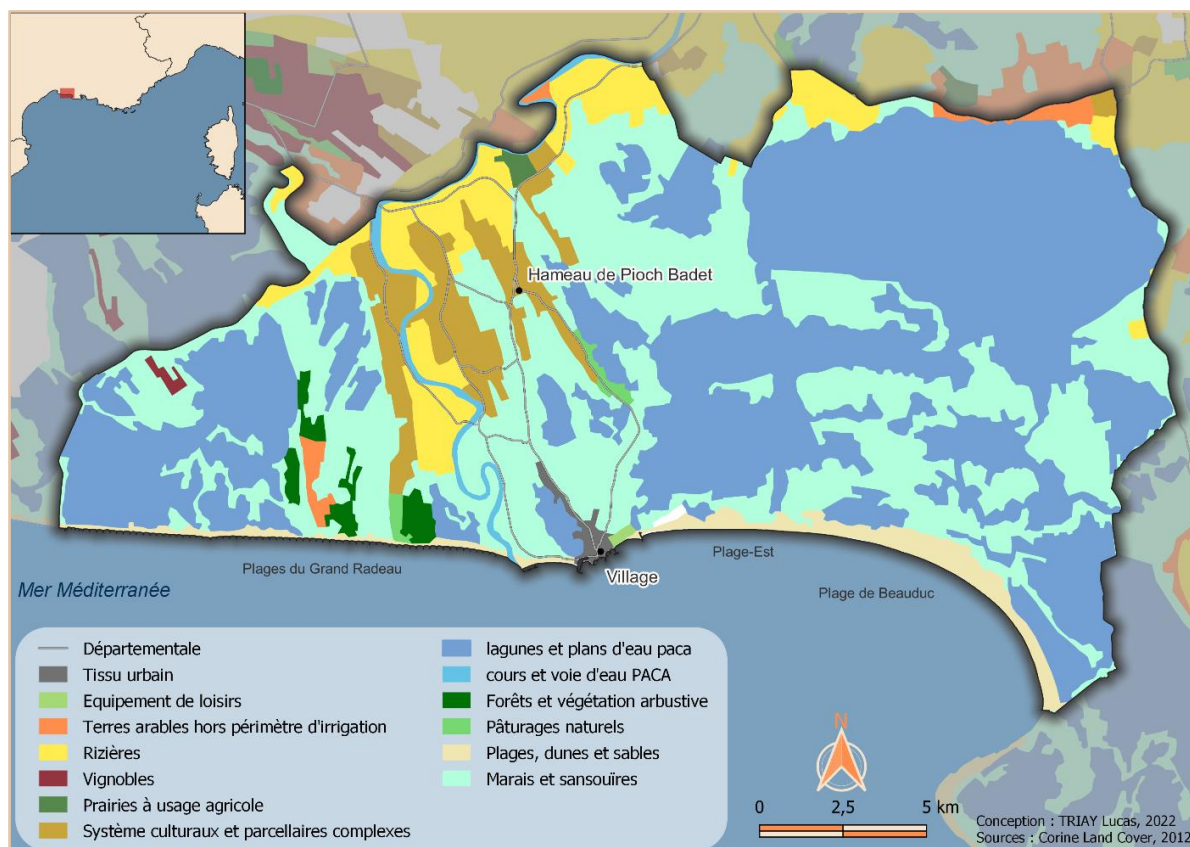


Figure 9 : Occupation du sol de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022

Cela résulte donc en une commune dont les terres disponibles sont soit exploitées pour l'agriculture et l'élevage, soit, pour une très faible part, urbanisées, soit dans la majeure partie des cas (68,1% des terres émergées), peu exploitables par leur nature marécageuse, qu'il conviendrait d'assécher et fatalement d'altérer pour y favoriser une occupation humaine.

1.2.4. Une commune touchée par les aléas littoraux

Le dernier point de caractérisation de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer concerne son exposition au risque littoral. La base de données GASPARG fait état de 10 arrêtés CatNat (déclaration interministérielle de reconnaissance d'un phénomène naturel comme une catastrophe naturelle, ouvrant droit à des indemnisations pour les sinistrés) depuis 1982 (figure 10).

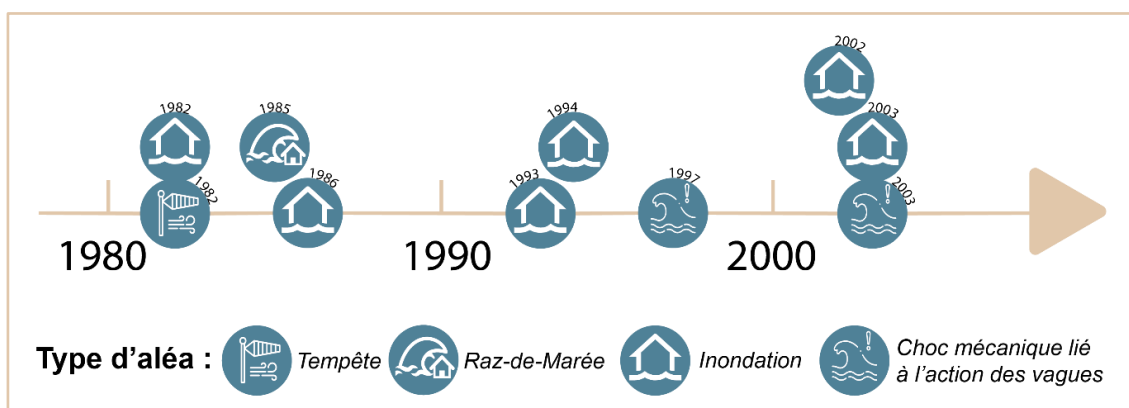


Figure 10 : Frise chronologique des arrêtés CatNat concernant les Saintes-Maries-de-la-Mer, d'après la base de données GASPARG, TRIAY Lucas, 2022

On remarque donc que la commune a connu dans son histoire récente des dommages liés aux vagues ainsi qu'au moins une submersion marine de grande ampleur en 1985 (le terme raz-de-marée n'est désormais plus vraiment utilisé) qui a causé une victime, dix blessés et plus de 1000 sinistrés, tandis que la tempête de 1982 avait elle aussi provoqué une submersion marine. Aucuns dommages liés à l'érosion ne sont recensés car cet aléa ne peut être considéré comme une catastrophe naturelle selon la nomenclature des arrêtés CatNat. Il est cependant possible d'observer des marqueurs du phénomène érosif sur le territoire de la commune. L'un des plus probants étant cette passerelle (photographie 2), qui permettait encore, en 2010, de franchir un canal pour relier un chemin de randonnée à la plage.



Photographie 2 : Ancienne passerelle témoin de l'érosion sur le secteur de la plage Est, auteur : TRIAY Lucas, 2022

C'est cette exposition à l'aléa littoral, additionnée à toutes les particularités liées au delta du Rhône et à la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, qui fait de celle-ci un terrain d'étude pertinent et cohérent avec l'objet de cette recherche, qui ne pourra s'aborder qu'à travers une méthodologie claire et efficace.

2. APPRÉHENDER ET ÉVALUER LA VULNÉRABILITÉ SYSTÉMIQUE D'UN TERRITOIRE ET SES ÉVOLUTIONS : INDICES, INDICATEURS, REPRÉSENTATIONS

2.1. APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE OSIRISC : PRINCIPE ET INTÉRÊTS

Ce mémoire cherchant à valoriser une approche systémique du risque littoral sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, la méthodologie basée sur les indicateurs et les indices développée par le projet OSIRISC apparaît comme une réponse efficace à plusieurs problématiques inhérentes à la mise en relations de variables et indicateurs d'ordres divers.

2.1.1. Des indicateurs pour créer des indices

En effet, chercher à évaluer la vulnérabilité systémique d'un territoire à travers chacune de ses composantes demande de recourir à une méthodologie générale permettant de mettre en relations des variables nombreuses et parfois de nature opposée, comme par exemple croiser des variables quantitatives avec des variables qualitatives. C'est dans ce cadre que l'approche par indices s'avère pertinente. En créant ces derniers à partir d'indicateurs multiples, et en les calibrant de 1 à 5, comme proposé par la méthodologie du projet OSIRISC, on obtient un référentiel commun à partir desquels croiser à loisirs n'importe quelle composante ou indices pour créer des indices généraux ou transversaux. Dans ce cadre, les indicateurs seront alors les valeurs absolues des variables employées pour chaque indice, tandis que ces derniers sont uniquement des constructions « utilitaires » ayant pour but d'être croisés et d'exprimer une information composite issue de l'agrégation d'indicateurs (par exemple la part de population vulnérable sera un des indicateurs qui entrera en compte, avec d'autres, dans la construction de l'indice d'enjeux humains). Il est alors possible, entre autres, de créer un indice de risque en croisant l'indice général de la composante aléa et celui de la composante enjeux, mais aussi de créer un indice de risque sur les enjeux économiques uniquement par exemple, en croisant cette l'indice d'aléa avec l'indice d'enjeu économique. En y croisant l'indice général de la composante gestion, on obtient là encore un autre indice transversal. Les applications sont donc nombreuses afin d'obtenir une analyse assez fine du territoire étudié.

2.1.2. Répartition des indicateurs

Parmi les 58 indicateurs proposés par les fiches techniques du projet porté par le CNRS et le CEREMA (2020), 37 seront sélectionnés dans le cadre de cette étude, le choix se faisant en fonction de la pertinence d'emploi par rapport au contexte local du lieu d'étude. De plus, 6 autres seront créés pour répondre à des besoins supplémentaires ou à la création d'une nouvelle catégorie d'enjeux : cette recherche intègre ainsi un enjeu organisationnel et un indice d'acceptabilité du risque par la population. Ce faisant, ce sont donc 43 indicateurs qui seront créés et exploités dans ce mémoire, ces derniers se répartissant entre les quatre composantes (tableau 1).

Tableau 1 : répartition des indicateurs employés selon les composantes et indices, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Nombre d'indicateurs
Aléa	Submersion marine	1
	Erosion	1
Enjeux	Humains	3
	Structurels	2
	Economiques	3
	Organisationnels	2
Gestion	Urbanisation	2
	Stratégie locale	5
	Gestion de crise	3
	Sensibilisation	4
Représentations	Conscience du risque	7
	Confiance dans les acteurs gestionnaires du risque	5
	Acceptabilité du risque	5

Une fois créés, l'agrégation d'indicateur et la mise en relation des indices en résultant se fera en fonction d'une grille d'agrégation permettant une représentation géolocalisée des indices généraux et transversaux.

2.1.3. Agrégation d'indicateurs et croisement d'indices

De fait, si les indicateurs seuls fournissent déjà de nombreuses informations sur les composantes, c'est donc dans le croisement des indices créés que réside le réel intérêt de cette approche. Pour cela, chaque indicateur entrant dans la composition d'un indice se verra attribué une valeur de 1 à 5, selon un principe s'adaptant à la nature de l'indicateur employé : selon une discrétisation pour des valeurs statistiques ou un niveau

d'avancement pour les indicateurs relatifs à la mise en place de mesures réglementaires, par exemple. Puis ces indicateurs seront agrégés en donnant la valeur maximum de ceux-ci à l'indice. Pour l'indice d'enjeux humains si l'indicateur de la densité de population à une valeur de 3, la part de population vulnérable de 4 et la part de ménages à bas revenus de 3, l'indice d'enjeux humains sera donc de 4. La même méthode sera employée pour la création de l'indice général d'enjeux, en gardant la valeur maximum des indices impliquées dans la création de celui-ci. Là encore, cette méthode peut s'adapter et ce sera plutôt une moyenne des indicateurs qui sera employée dans le cas des indices de gestion, cela faisant plus de sens. Pour ce qui est de la définition des indices transversaux, mettant donc en relation des indices généraux, un principe de matrice sera appliqué (figure 11). Tous ces calculs prennent place dans une grille d'agrégation géoréférencée, cela permettant une représentation géographique de ces derniers (figure 12).

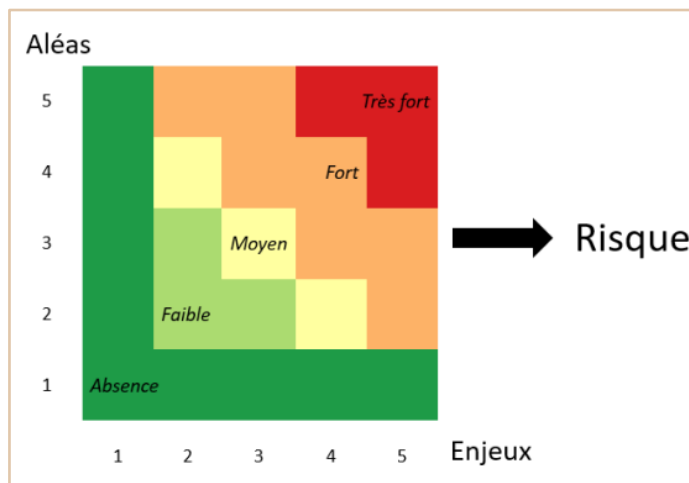


Figure 11 : Matrice de calcul de l'indice transversal de risque, d'après les fiches d'indicateurs et d'indices du projet OSIRISC, 2020

La même méthode sera employée pour la création de l'indice général d'enjeux, en gardant la valeur maximum des indices impliquées dans la création de celui-ci. Là encore, cette méthode peut s'adapter et ce sera plutôt une moyenne des indicateurs qui sera employée dans le cas des indices de gestion, cela faisant plus de sens. Pour ce qui est de la définition des indices transversaux, mettant donc en relation des indices généraux, un principe de matrice sera appliqué (figure 11). Tous ces calculs prennent place dans une grille d'agrégation géoréférencée, cela permettant une représentation géographique de ces derniers (figure 12).

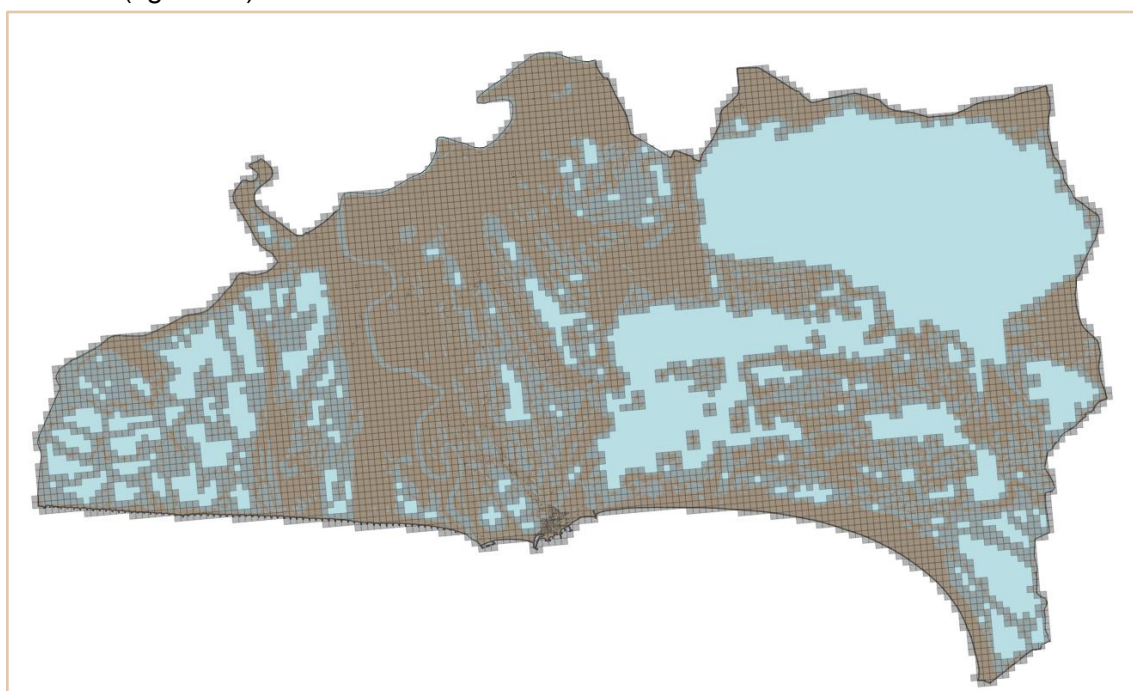


Figure 12 : Grille d'agrégation appliquée aux terres émergées de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022

Le choix d'une grille composée de carrée de 200m x 200m permet une cartographie assez fine mais est avant tout un choix de convenance et de facilité de liaison des données à la grille, liée notamment à la forme de diffusion des données démographiques issues de la base de données fichier localisé social et fiscal (FiLoSoFi) de l'institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), sous forme de données carroyées de 200m x 200m. Le principe ici est donc de disposer *in fine* de données carroyées, chaque carreau contenant les informations de tous les indicateurs et indices. Cela permettra notamment de pouvoir identifier quels enjeux sont prépondérants dans quelle zone, de connaître l'équilibre existant entre part d'enjeux et part d'aléa dans la création du risque, etc. Cependant, ce principe d'agrégation par grille géoréférencée ne fonctionne qu'avec des données elles-mêmes géoréférencées. Cette méthode d'agrégation et de représentation sera donc avant tout employée dans la réalisation de la situation de vulnérabilité de référence (à savoir la situation actuelle de la commune) à partir de laquelle les évolutions possibles seront établies.

Outre cette méthodologie générale concernant la création d'indicateurs et d'indices, l'approche par vulnérabilité systémique demande d'évaluer chaque composante séparément et donc de créer les indicateurs nécessaires selon des méthodologies allant du traitement de MNT au questionnaire à la population, en passant par des entretiens semi-directifs. Les pages suivantes s'attèleront alors à présenter et détailler les méthodologies employées par composante.

2.2. APPRÉHENDER L'ALÉA LITTORAL ET SES ÉVOLUTIONS : QUELLES MÉTHODES ?

L'indice d'aléa littoral, devant refléter à la fois l'aléa submersion marine et l'aléa érosion, se décomposera en deux indicateurs, obtenus par de la manipulation sous un logiciel SIG, ici QGIS (tableau 2).

Tableau 2 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour la composante aléa, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Aléa	Submersion marine	Hauteur d'eau	Quantitatif	Traitement SIG à partir d'un MNT Litto 3D
	Erosion	Vitesse moyenne annuel de recul	Quantitatif	Traitement SIG à partir de traits de côte anciens digitalisés

2.2.1. Etablir une vitesse de recul moyenne du trait de côte

En France, les données géographiques concernant l'érosion du littoral sont facilement accessibles *via* la plateforme Géolittoral. Celle-ci offre par exemple des données SIG concernant le trait de côte ancien, le trait de côte récent ou encore

l'évolution observée sous forme d'histogramme géoréférencé. Ces données sont toutes dérivées de l'indicateur national d'érosion côtière (INE) mis au point par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA). Toutefois, s'il se montre efficace à l'échelle nationale, il ne l'est pas nécessairement pour une échelle très localisée comme ici à l'échelle d'une commune seulement. La vitesse de recul sera donc calculée à partir des traits de côte anciens digitalisés par des campagnes du Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement (CEREGE) et du Parc naturel régional de Camargue (PNRC) à partir d'orthophotographies, puis mises en ligne par le portail géographique des Parcs naturels régionaux de Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

Les années disponibles sur cette base de données sont 1946, 1952, 1977, 1996, 2003, 2005, 2009, 2011, 2014, 2016, 2017 et 2018. Celle-ci sera actualisée par la digitalisation du trait de côte 2022 à partir d'une imagerie satellite acquise par Google Earth. Mais pour digitaliser le trait de côte, encore faut-il le définir. Etant dans un milieu microtidal, le trait de côte naturel peut s'identifier par le point de contact entre le milieu marin et la plage sableuse. Cependant, de nombreux ouvrages sont également présents sur le littoral des Saintes-Maries-de-la-Mer, ces derniers se substituant parfois au trait de côte naturel. Le choix est donc fait de considérer l'ouvrage comme étant le trait de côte lorsque celui-ci est en bon état apparent, au contact de la mer et sans présence d'eau à l'arrière de l'ouvrage. De plus, les épis ne sont pas considérés, et le trait de côte digitalisé rejoint directement le trait de côte naturel de l'autre côté de celui-ci (figure 13).



Figure 13 : Exemples de prise en compte des ouvrages dans la digitalisation du trait de côte, TRIAY Lucas, 2022

Une fois le travail d'actualisation effectué, il est possible de réaliser le calcul du recul entre un trait de côte de référence et un trait de côte cible, dans ce cas celui de 2022. Pour les Saintes-Maries-de-la-Mer, Sabatier *et al.* (2017) propose de faire une distinction entre une période dite « naturelle », jusqu'en 1977, où les enrochements étaient soit inexistant soit peu résistants, et une période « équipée », après 1977, où le recours à l'enrochement sur le littoral saintois a été massif. Il sera ici choisi de procéder au calcul en prenant en compte la période équipée, car reflétant mieux les dynamiques récentes. Le trait de côte de référence sera alors celui de 1996.

Puis la méthode de calcul par tampon, référencée dans la synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte du BRGM (2012), sera employée. Elle consiste simplement à créer des zones tampons autour du

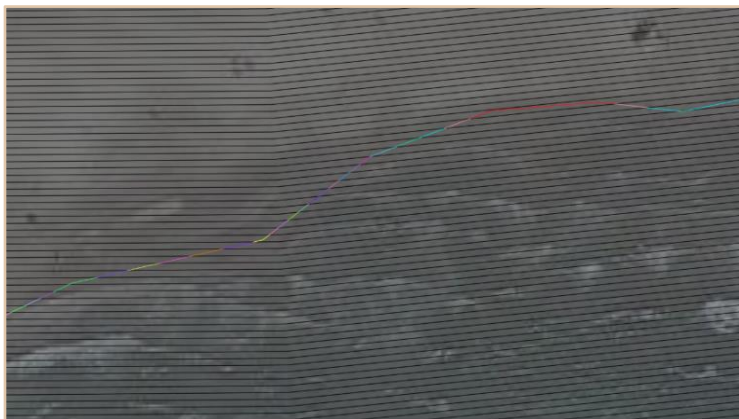


Figure 14 : exemple d'intersection du trait de côte 2022 avec la zone tampon 1996 sous QGIS, TRIAY Lucas, 2022

trait de côte de référence, ici 1996, tous les 1 mètres, grâce à l'extension QGIS « MultiRing Buffer ». Puis en intersectant le trait de côte de 2022 avec la zone tampon, les valeurs de recul sont attribuées au trait de côte 2022, avec une précision au mètre, et ce en tout point de la ligne (figure 14). Il suffit ensuite, pour connaître la vitesse de recul moyenne par an, d'utiliser la formule suivante : $(\text{recul total}) / (\text{année cible} - \text{année de référence})$. Cette méthode simple et assez efficace permet d'obtenir l'indicateur « vitesse moyenne annuel de recul » et il faudra ensuite effectuer une discrétisation pour répartir les vitesses de recul en 5 classes dans le but de créer l'indice d'érosion. Cet indice n'est toutefois qu'une partie de l'indice général d'aléa, et il faut donc, pour le compléter, créer l'indice de submersion marine.

2.2.2. Déterminer la submersion marine par de la manipulation de MNT

Tout comme pour l'érosion, des données concernant la submersion marine sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer sont disponibles en libre accès, notamment car celle-ci fait partie d'un territoire à risque important d'inondation (TRI). Mais encore une fois, elles s'avèrent peu adaptées au contexte local, notamment dans les classes d'intensité de l'aléa qui ne reflète pas nécessairement l'aléa de référence sur la commune ou même des potentiels de dommages. Un traitement SIG à partir d'un MNT issue du projet Litto3D porté par le service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) et l'institut géographique national (IGN) est donc effectué pour définir de nouvelles classes d'intensité pour l'aléa submersion marine. Le Litto3D est choisi car il permet une précision fine des données altimétriques nécessaire au calcul des profondeurs d'eau. Il sera également décider de retirer du Litto3D toutes les surfaces en eaux, afin de ne garder que les terres émergées, la submersion marine se définissant comme des « inondations de la zone côtière » (Géorisques). Avant toute chose, des paramètres primordiaux sont à déterminer pour lancer ce dit calcul : l'aléa de référence

et le rôle des ouvrages. L'aléa de référence choisi est celui retenu par le Plan de prévention des risques naturels prévisibles inondation (PPRI) des Saintes-Maries-de-la-Mer (2017) lequel a été déterminé par le Centre d'étude technique de l'équipement (CETE méditerranée) à travers deux campagnes d'études en 2007 et 2010. Celui-ci est de 1,5m NGF, dont 1,1m NGF attribué à la surcote atmosphérique et 40 cm à la surcote liée à la houle (wave set-up), et est considéré comme l'aléa centennal. Le PPRI prévoit également de rajouter une majoration de 20 cm à l'aléa de référence pour une première prise en compte des effets du changement climatique, ainsi qu'une majoration de 60 cm pour définir l'aléa de référence 2100, ceci en se basant sur le 4^{ème} rapport du GIEC. Ces majorations ne seront toutefois pas prises en compte car les données disponibles ont depuis été actualisées (le GIEC a publié son 6^{ème} rapport traitant des impacts du changement climatique le 27 février 2022), et de nouvelles majorations seront donc définies. La méthodologie employée pour déterminer les hauteurs d'eau sera celle de la superposition d'un MNT contenant uniquement la valeur de l'aléa de référence avec un MNT contenant les valeurs topographiques du terrain, la différence donnant ainsi la profondeur d'eau en cas de submersion marine. Cette méthode, employée également dans la réalisation des PPRI et de la cartographie des TRI, est dite statique. Cela signifie que l'on applique seulement une valeur générale de hauteur d'eau à tout le territoire, et les secteurs dont l'altitude est inférieure à cette valeur seront considérés comme inondables, ceci sans prise en compte des dynamiques d'écoulement des eaux ou encore des potentiels obstacles (et donc protection) que pourraient représenter les digues, ou autres ouvrages (figure 15). Cette méthode peut donc présenter des limites notamment pour des secteurs complexes comme les Saintes-Maries-de-la-Mer, à la topographie basse et à l'endiguement fort.

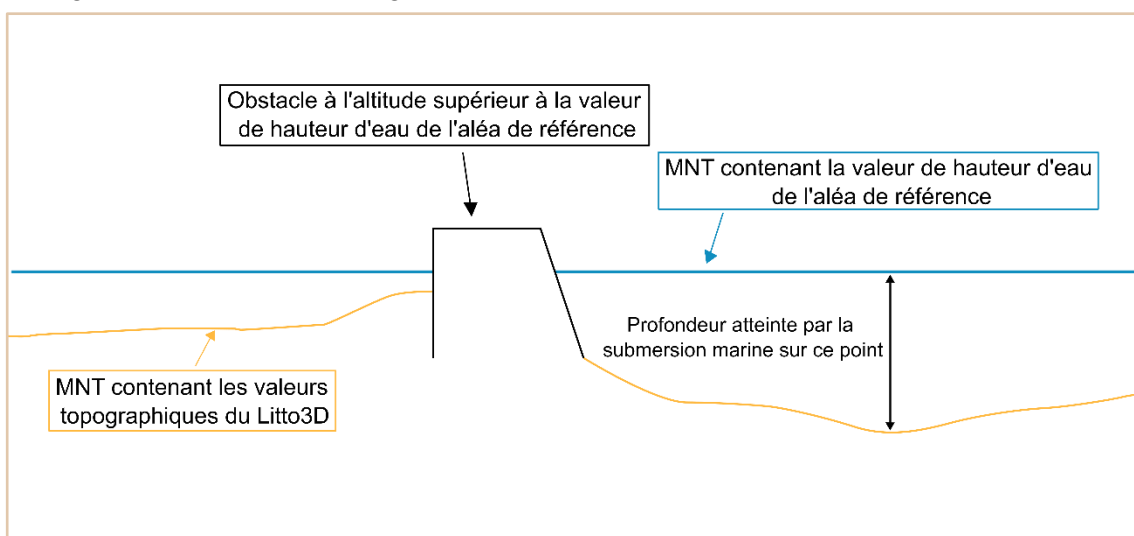


Figure 15 : Schéma explicatif du fonctionnement de la méthode par superposition de MNT, TRIAY Lucas, 2022

En effet, celle-ci fait par exemple ressortir des secteurs fortement inondés même à plus de 15 km du rivage. Pour ce qui est de la non prise en compte des ouvrages dans le calcul, cela s'avère moins problématique. En effet, la modélisation de la submersion marine en Camargue réalisé par le BRGM (2017) montre une submersion par franchissement de paquet

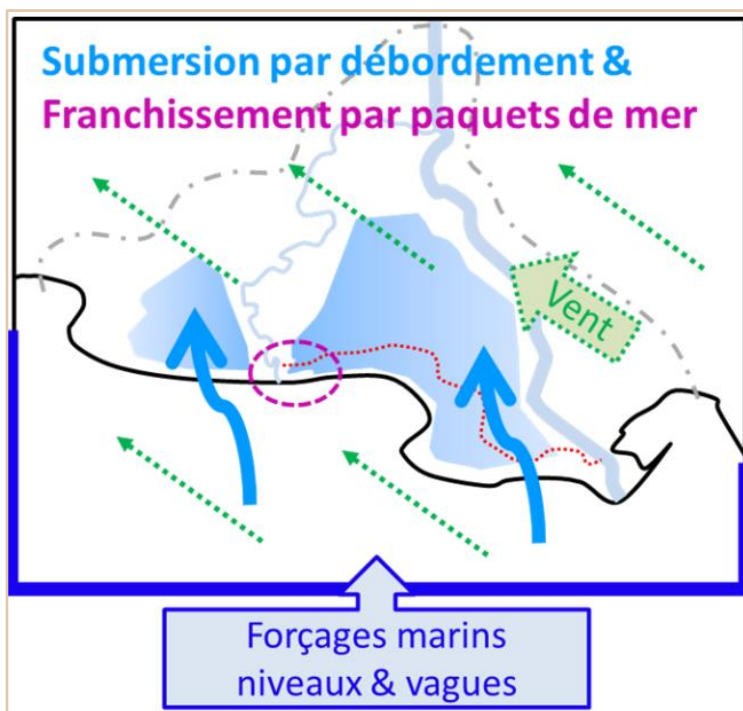


Figure 16 : Illustration schématique d'une submersion marine en Camargue, d'après Paris et al., BRGM, 2017

et l'influence de la bascule des étangs dans la submersion (figure 16). Les zones inondables observées au niveau du village, alors qu'il est en arrière d'une digue frontale de 2m à 2,3m le protégeant d'une submersion par débordement, peuvent alors se justifier. De plus, lors de la tempête de 1982, des brèches dans les ouvrages ont été observées, menant à des submersions par rupture d'ouvrages. L'emploi de cette méthodologie de calcul statique par superposition de MNT peut donc se justifier mais les résultats doivent toutefois être mis en perspectives des limites observées, notamment pour les zones fortement éloignées du rivage. Enfin, les classes d'intensité de l'aléa sont déterminés en fonction des propositions faites dans le référentiel national de vulnérabilité aux inondations du CEREMA (2016). Outre la première classe correspondant à une absence de submersion (on considère ici une absence jusqu'à 10 cm de profondeur d'eau), les classe d'aléa faible et moyenne seront déterminées par rapport au « zones dangereuse pour le déplacement d'une personne », à savoir de 10 à 50 cm pour l'aléa faible (représentant la limite de déplacement debout d'un enfant), et de 50 cm à 1m pour l'aléa moyen (limite de déplacement debout d'un adulte). Les classe d'aléa forte et très forte seront plutôt déterminées en fonction du potentiel de dommages. L'aléa fort correspond ainsi à la « zone de dommages importants », de 1 à 1,5 m de profondeur d'eau et l'aléa très fort à la « zone susceptible d'être dangereuse pour une personne dans un local » pour une profondeur d'eau supérieure à 1,5m (cette classe est atteinte,

même pour l'aléa de référence à 1,5m NGF car des terrains des Saintes-Maries-de-la-Mer se trouvent sous le niveau de la mer, à savoir le 0 NGF). L'indicateur « hauteur d'eau » aura ainsi permis de créer l'indice de submersion marine, et le croisement de l'indice de submersion marine avec celui de l'érosion permettra d'obtenir l'indice d'aléa. Enfin, et car l'on cherche également à déterminer l'évolution de l'aléa littoral dans les années futures, il est nécessaire de suivre une certaine méthodologie pour obtenir des résultats qui soit plausibles et se raccrochant à des scénarios validés par le GIEC, ceci afin d'éviter la production de résultats hasardeux.

2.2.3. Choisir et représenter des scénarios prospectifs d'évolution de l'aléa

Pour comprendre comment l'évolution d'un ou plusieurs aléas peuvent affecter la vulnérabilité d'un territoire, encore faut-il savoir quelles parties du territoire seront touchées par ces changements. Le choix sera fait d'évaluer l'évolution de l'aléa selon trois pas de temps : court terme (2030), moyen terme (2050) et long terme (2100).

Pour le cas de l'érosion, la méthodologie du CEREMA (2019) sera appliquée. Elle consiste à créer une zone tampon à partir du trait de côte le plus récent, ici 2022, dont la largeur est définie par la vitesse annuelle moyenne de recul du trait de côte, selon la formule suivante : *vitesse d'érosion annuelle * (année cible – année du trait de côte)*. Puis plusieurs scénarios d'érosion sont possibles, notamment dans le choix des secteurs érodés et la prise en compte des ouvrages de protection. Dans le cadre de cette étude, nous considérerons que seuls les secteurs connaissant une érosion aujourd'hui en connaîtront à l'avenir. L'efficacité des ouvrages sera appréciée en fonction de l'état actuel, des tendances observées en termes de gestion du trait de côte et des enjeux qu'ils protègent. De fait, la digue frontale du village des Saintes-Maries-de-la-Mer et la digue à la mer côté étang seront considérées comme opérante car elles protègent des forts enjeux (le village pour la digue frontale) et sont entretenus par le syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer (SYMADREM). En revanche, les ouvrages, en grande partie détériorés et ne protégeant pas d'enjeux notables, du côté des plages du grand radeau à l'Ouest du Petit Rhône, seront estimés inefficaces. Enfin, lorsque de grandes zones d'érosion rencontrent, à leurs extrémités, des ouvrages frontaux se substituant au trait de côte, un scénario de contournement progressif de l'ouvrage par l'érosion sera adopté.

Afin d'estimer l'évolution de l'aléa submersion marine, il faut s'intéresser aux prévisions du GIEC concernant la hausse du niveau marin. Celle-ci s'exprime selon cinq scénarios différents concernant les niveaux d'émissions de gaz à effets de serre. Ne cherchant pas nécessairement à anticiper l'évolution de l'aléa pour tous les scénarios, mais plutôt à

obtenir l'évolution la plus probable, le scénario SSP2-4.5 sera retenu. Ce dernier est construit autour d'une hypothèse d'émissions de gaz à effets de serre intermédiaire et d'émissions de CO2 restant aux alentours des niveaux actuels jusqu'en 2050, ce qui semble assez probable. En effet, le rapport sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions de l'Organisation des Nations Unies (2021) expose que les engagements nationaux en termes d'émissions ont créés une trajectoire de réchauffement d'au moins +2,7°C à la fin du siècle, et spécifie que de nombreux plans nationaux pour le climat reporte l'action climatique en 2030, voire après. Les données d'élévation du niveau marin pour la méditerranée concernant ce scénario sont donc employées (figure 17).

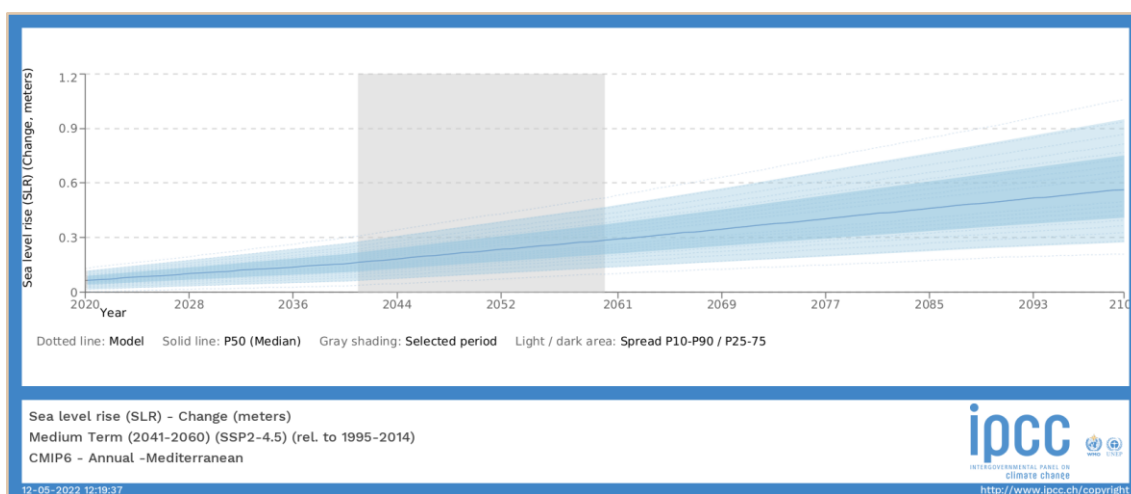


Figure 17 : Projection de l'élévation du niveau marin pour la région méditerranéenne jusqu'en 2100 pour le scénario SSP2-4,5, d'après l'atlas des données du GIEC, 2022

La tranche haute des données sera employée pour définir les majorations de l'aléa de référence, dans l'idée qu'anticiper le pire du scénario le plus probable permettra, au mieux, d'être préparé à une élévation moins importante. En suivant ce principe, l'aléa de référence 2030 sera majoré de 20 cm pour atteindre 1,7m NGF, l'aléa 2050 de 37 cm pour atteindre 1,87m NGF et l'aléa 2100 de 94 cm pour atteindre 2,44m NGF. La même méthodologie de calcul que pour l'aléa de référence sera utilisé ainsi que les mêmes classes d'intensité pour permettre une comparaison et analyser l'évolution de l'intensité de l'aléa.

2.3. CHOISIR DES INDICATEURS ET DES INDICES TRADUISANT LES ENJEUX DU TERRITOIRE

Les indicateurs choisis ici doivent représenter du mieux possible les enjeux notables du territoire. Ils seront donc séparés en quatre indices : enjeux économiques, enjeux humains, enjeux structurels et enjeux organisationnels, chacun de ces indices étant le croisement de 2 à 3 indicateurs.

Il est également utile de comprendre qu'ici, le but n'est pas d'évaluer la vulnérabilité intrinsèque de chaque enjeu individuellement, mais plutôt d'effectuer un « recensement » des enjeux potentiels, de leur spatialisation et leur potentiel à peser dans la construction du risque. Ce sera ensuite le croisement de ces indices d'enjeu avec ceux des trois autres composantes qui permettront d'évaluer la vulnérabilité. Par exemple un carreau où l'indice d'enjeu est évalué à 3, et l'indice d'aléa à 4 créerait une zone de risque fort (indice 4) mais pourrait finalement se voir attribué un indice de vulnérabilité moyen (indice 3) si la gestion du risque est considérée comme efficace. La vulnérabilité n'est donc pas portée par les enjeux eux-mêmes mais par leur relation avec les autres composantes.

2.3.1. Les enjeux humains à travers la démographie

L'indice d'enjeu humains du territoire sera construit avec 3 indicateurs issues de la base de données FiLoSoFi de l'INSEE, qui permet d'obtenir des données localisées au carreau de 200mx200m concernant la population et les ménages (tableau 3).

Tableau 3 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeu humains, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Enjeux	Humains	Nombre d'habitants (par maille de 200m)	Quantitatif	Base de données FiLoSoFi de l'INSEE
		Part de la population vulnérable (par maille de 200 m)	Quantitatif	Base de données FiLoSoFi de l'INSEE
		Part des ménages à bas revenu (par maille de 200 m)	Quantitatif	Base de données FiLoSoFi de l'INSEE

Ces indicateurs sont choisis car représentant un potentiel d'exposition (nombre d'habitants), un potentiel de difficultés à l'évacuation liée au manque de mobilité (population vulnérable, faisant écho aux premières classes d'intensité de l'aléa submersion marine) ainsi qu'un potentiel à faire face aux dégâts matériels causés par l'aléa (ménages à bas revenus). Les valeurs d'intensité de 1 à 5 nécessaires à la création de l'indice d'enjeu humains seront allouées en fonction d'une discrétisation des séries statistiques. Cependant, le niveau de carreau de 200m implique une notion de confidentialité des données fixée à 11 ménages par carreau. En dessous de ce seuil, les données allouées au carreau sont imputées par un calcul de l'INSEE regroupant plusieurs carreaux en dessous du seuil de 11 ménages pour atteindre celui-ci et ainsi

rendre la donnée diffusable. Du fait de la grande dispersion des ménages sur le territoire des Saintes-Maries-de-la-Mer, ces carreaux aux données imputés sont au nombre de 194 sur 214 carreaux contenant des données, soit environ 90% des carreaux. Les données optimales sont donc concentrées sur le village, le reste étant à prendre avec précaution.

2.3.2. Les enjeux structurels à travers les infrastructures

L'indice d'enjeux structurels se composera de deux indicateurs de natures différentes (tableau 4).

Tableau 4 : indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeux structurels, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Enjeux	Structurels	Sécurité du bâti	Qualitatif	Relevés de terrain
		Emprise de la surface bâti	Quantitatif	Traitement SIG à partir de la BD TOPO de l'IGN
		Densité des routes	Quantitatif	Traitement SIG à partir de la BD TOPO de l'IGN

L'indicateur de densité des routes reflète le potentiel de routes coupées à la circulation en cas d'inondation par submersion marine. Il est considéré ici que plus la densité de routes est importante, plus cela représente un point stratégique de communication et donc une perte importante en cas d'impraticabilité liée à l'inondation. L'enjeu lié au bâti est abordé du point de vue de la sécurité et du potentiel de refuge qu'il peut fournir aux habitants. Celui-ci est évalué par une enquête de terrain selon une grille se voulant simple pour catégoriser les bâtiments selon cinq classes de sécurité, correspondant à la valeur d'intensité de l'enjeu qui sera utilisé dans la création de l'indice d'enjeux structurels (tableau 5).

Tableau 5 : Grille d'évaluation de la sécurité du bâti, TRIAY Lucas, 2022

Photographies					
Description	Bâtiment de plain-pied, sans ouverture sur le toit	Bâtiment de plain-pied, avec une ou plusieurs ouvertures sur le toit	Bâtiment disposant d'une pièce refuge	Bâtiment disposant d'un étage refuge	Bâtiment dont toutes ou la majorité des pièces sont à l'étage (rez-de-chaussée occupé par un garage ou un magasin par exemple)
Valeur d'intensité de l'enjeu	5	4	3	2	1

Dans le cas particulier des habitats collectifs résultant d'une maison de village redécoupée en plusieurs appartements, le bâtiment sera considéré comme un bâti de plain-pied sans ouverture sur le toit, afin de prendre en compte le potentiel de refuge des habitants du rez-de-chaussée (exemple en photographie 3). De plus, cette méthode d'évaluation



Photographie 3 : Exemple de cas particulier comptabilisé comme un bâti de plain-pied, photographie issue de Google StreetView, 2021

visuelle présente deux limites : sur le secteur du village, la morphologie des bâtiments est parfois assez complexe et rend compliqué la détermination de la valeur attribuée à ceux-ci. En dehors du village même, c'est une problématique d'accessibilité qui se pose. Les habitations, grandement dispersées, sont, dans la majorité des cas, cachées par la végétation ou rendu inaccessible par des chemins privés fermés. Du fait de ces limites, la représentation de cet indicateur et sa prise en compte dans l'indice concerneront donc le village. Enfin, La moyenne des indicateurs du potentiel de refuge des bâtis contenus dans un carreau de 200 m sera établie pour ensuite synthétiser l'indice d'enjeux structurels à partir des deux indicateurs précédemment créés

2.3.3. Les enjeux économiques à travers les marqueurs de production de richesses de la commune

Les indicateurs des enjeux économiques sélectionnées doivent traduire les activités économiques principales de la commune, à savoir l'agriculture et le tourisme. L'activité tertiaire est en effet très développée à travers des restaurants, commerces, hôtels, ou encore campings. Pour cela, trois indicateurs sont retenus (tableau 6). Le principe de ces indicateurs réside dans le fait que plus un indicateur est présent au sein d'un carreau de 200m, plus le potentiel de pertes économiques de ce carreau est important.

Tableau 6 : indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeux économiques, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Enjeux	Economiques	Emprise des bâtiments à vocation économique	Quantitatif	Traitement SIG à partir de la BD TOPO IGN
		Capacité d'hébergement touristique	Quantitatif	Identification des établissements touristiques à partir de la base de données DataTourisme et enquête de terrain
		Surface occupée par l'agriculture	Quantitatif	Traitement SIG à partir de la base de données CorineLandCover

En effet, une surface agricole envoyée par de l'eau de mer pourrait voir son sol devenir trop salée et réduire sa fertilité, et les bâtiments à vocation commerciale (cela inclue les commerces mais aussi les bâtiments des exploitations agricoles) pourraient être endommagée par la submersion et, selon le niveau d'endommagement, ne pas pouvoir ouvrir dans bonnes conditions pour la saison estivale. Pour ces deux indicateurs, la surface est calculée sous QGIS puis allouée à chaque carreau de 200m concernée par intersection des objets géographiques. La capacité d'hébergement touristique peut exprimer à la fois les carreaux où la population est la plus susceptible d'augmenter en saison estivale mais aussi la perte d'hébergement durant cette même période s'ils venaient à être grandement endommagés. Pour cet indicateur, les hébergements touristiques sont localisés à l'aide de la base de données DataTourisme, qui recense et géolocalise l'offre touristique. Puis la détermination de la capacité d'hébergements (en nombre de lits) de chaque établissement se fait par une enquête de terrain, en se rendant directement dans ces derniers pour récupérer l'information. Cet indicateur n'intègre toutefois que les établissements touristique (hôtels, gîte et campings) et pas les offres de locations saisonnières proposée par des particuliers (type airbnb). Les valeurs d'intensité de l'enjeu de chaque indicateur sont déterminées par discrétisation des données au carreau de 200m, pour ensuite créer l'indice d'enjeux économique.

2.3.4. Les enjeux organisationnels à travers la gestion de crise

En cas de crise liée à la survenue d'une submersion marine, la capacité de réponse organisationnel de la commune est primordiale. Cet enjeu organisationnel sera composé de deux indicateurs (tableau 7).

Tableau 7 : indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeu organisationnel, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Enjeux	Organisationnels	Distance des secours	Quantitatif	Traitement SIG (QNEAT) à partir de la BD TOPO
		Emprise des bâtiments stratégiques	Quantitatif	Traitement SIG à partir de la BD TOPO

La distance des secours, déterminée par l'algorithme QNEAT sur QGIS, est exprimée en minutes et traduit les éventuelles problématiques d'isolement et de difficulté d'accès aux personnes. C'est pourquoi il n'est calculé que pour les carreaux présentant un compte de population. Les valeurs d'intensité de cet indicateur seront déterminées par classes de 5 minutes. L'emprise des bâtiments stratégiques, par carreau de 200 m, traduit le potentiel de dysfonctionnement dans la mise en place de la gestion de crise et de la mise à l'abri des personnes. Dans le cadre de cet indicateur, 9 bâtiments sont identifiés : Les bâtiments municipaux pouvant servir de centres d'hébergements d'urgences aux victimes (relais culturel, espace muséal, groupe scolaire et gymnase), les bâtiments nécessaires à l'organisation des secours (centre de secours, pôle santé, gendarmerie nationale) et ceux étant utilisés pour la cellule de crise (mairie et services techniques). Pour cet indicateur, les classes seront déterminées par une discrétisation de la série statistique obtenue. Comme pour les autres indices d'enjeux, le maximum des indicateurs par carreau sera retenu pour créer l'indice d'enjeux organisationnels. L'ajout de celui-ci est intéressant car permettant d'identifier en amont les éventuelles faiblesses dans l'organisation de la réponse à la crise.

Les indices généraux d'aléas et d'enjeux étant désormais obtenus, il est possible d'obtenir l'indice transversal de risque. Il est toutefois nécessaire de le compléter avec d'autres indices, à savoir la gestion du risque et la représentation de celui-ci.

2.4. COMPRENDRE LA GESTION DES RISQUES À TRAVERS LES ACTIONS DES GESTIONNAIRES DU TERRITOIRE

L'indice général de gestion devra synthétiser quatre indices qui, chacun, peuvent influencer sur la réduction du risque, que ce soit en maîtrisant l'urbanisation, en disposant d'une stratégie locale de gestion des risques ou encore en mettant en place un plan communal de sauvegarde (PCS) pour la gestion de crise et en sensibilisant la population aux aléas auxquels elle peut être exposée. Cette composante faisant appel aux actions et politiques mises en place sur le territoire étudié, les indicateurs nécessaires à la

réalisation de l'indice seront obtenus à travers des entretiens semi-directifs avec les acteurs concernés par la gestion du risque et du trait de côte.

2.4.1. Identification des acteurs majeurs dans la gestion du risque aux Saintes-Maries-de-la-Mer

Identifier les gestionnaires du territoire et autres acteurs intervenant dans la gestion du risque est la première étape afin d'orienter la construction du guide d'entretien. De simples recherches internet et la lecture de documents règlementaires permettent de faire ressortir les principaux acteurs ayant des actions dans la gestion du risque sur le territoire d'étude :

- La commune des Saintes-Maries-de-la-Mer
- Le centre de secours du SDIS 13 de la commune, qui intervient dans la gestion de crise
- Le PNRC, qui définit dans sa charte objectif 2022, publiée en 2010, des mesures de réduction des risques inondations et submersions marines
- La Communauté d'Agglomération Arles-Crau-Camargue-Montagnette (CA ACCM), intercommunalité dont fait partie les Saintes-Maries-de-la-Mer
- Le SYMADREM, qui est porteur de la compétence gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) depuis le 1^{er} janvier 2020
- L'Etat, animateur de la Stratégie locale de gestion du risque inondation (SLGRI) du delta du Rhône, et les services décentralisés de l'Etat (préfecture des Bouches-du-Rhône, Conseil départemental des Bouches-du-Rhône et Conseil régional de PACA)
- La fondation de recherche privée de la Tour du Valat, qui assure de manière ponctuelle des animations de médiation scientifique autour du risque littoral.

Parmi ces acteurs, tous contactés dans le cadre d'une demande d'entretien, seulement trois ont répondu favorablement à la demande : Mme Brigitte Poulin, chargée de recherche en gestion et restauration des écosystèmes naturels et agricoles à la Tour du Valat et responsable des projets « modélisation de la dynamique des écosystèmes » et « gestion adaptative des salins de Camargue » ; Mme Alice Corrias, chargée de mission vulnérabilité inondation à la CA ACCM ; Mme Christelle Aillet, Maire des Saintes-Maries-de-la-Mer. Les autres ont soit retourné une réponse négative, soit n'ont donné aucune réponse. Une fois ces acteurs identifiés, il convient d'établir un guide d'entretien semi-directif afin de cadrer celui-ci.

2.4.2. Mise au point et intérêt d'un guide d'entretien

L'entretien semi-directif consiste à orienter l'interlocuteur sur des thèmes prédéfinis tout en le laissant libre de ses réponses (Salah & Derguin, 2018). L'élaboration d'un guide est alors primordiale afin de définir des « points de passages » obligatoires au cours de l'échange dans le but d'obtenir les informations désirées. Dans le cas de cette étude, l'entretien est structuré en sept grands thèmes : « Missions et compétences de la structure », « Effets attendus et moyen de lutte contre l'évolution du risque littoral », « Stratégie locale et jeux d'acteurs », « Gestion de crise », « Maîtrise de l'urbanisation », « Sensibilisation et connaissance du risque », « Vision prospective ». Le guide d'entretien s'adapte toutefois à l'interlocuteur et tous les thèmes ne sont pas nécessairement abordés avec tous les acteurs. Le thème « maîtrise de l'urbanisation » n'est par exemple abordé qu'avec la commune et l'ACCM, quand le thème « effets attendus et moyens de lutte contre l'évolution du risque littoral » n'est traité qu'avec la Tour du Valat puisqu'elle produit des recherches sur ce thème. De plus, au sein d'un thème, les questions peuvent également s'adapter au profil et aux compétences de l'acteur. Le guide d'entretien adaptatif ainsi créé permettra donc de récolter les informations nécessaires au renseignement des indicateurs choisis pour la création de l'indice de la composante gestion (tableau 8). Chaque indicateur se verra attribué une valeur de 1 à 5 (5 représentant le maximum d'efficacité de la mesure mise en place) selon l'avancement de la mesure en question lorsqu'il s'agit d'une politique d'adaptation, ou selon le nombre d'acteurs intervenant ou de mesures mises en place, *etc.* Par exemple pour l'indicateur « présence de démarche locale de gestion des risques », la commune obtiendra un 5 si elle est concernée par une démarche locale labellisée intégrant un Programme d'action de prévention des inondations (PAPI) complet mais un 1 si aucune démarche n'est recensée. Puis la moyenne des indicateurs sera calculée pour renseigner les 4 indices et la moyenne de ces indices servira à déterminer l'indice général de la composante gestion. Il est à noter qu'ici les données ne sont pas liées à la grille de carreau de 200 m car elles concernent l'ensemble de la commune et non pas des zones précises. Chaque carreau se verra donc attribué la même valeur pour chacun des indicateurs. Pour ce qui est de la représentation des résultats, la cartographie n'apparaît pas comme nécessaire, la gestion s'appliquant à tout le territoire de la même façon, aucune disparité géographique ne serait visible. Le choix d'un diagramme en « radar », présentant les valeurs d'intensité de chaque indice et indicateurs de la gestion sera donc privilégié.

Tableau 8 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour la composante gestion, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Gestion	Maitrise de l'urbanisation	Contrainte de constructibilité en zone d'aléa	Qualitatif	Etude du PPR et croisement avec les zones d'aléas
		Etat général du PPR	Qualitatif	Entretien : Mairie
	Stratégie locale	Avancement de la compétence GEMAPI	Qualitatif	Entretien : Mairie/ Communauté d'agglomération ACCM
		Présence de démarche locale de gestion des risques	Qualitatif	Entretien : Mairie/ Communauté d'agglomération ACCM
		Intégration des acteurs dans la gestion du risque	Quantitatif (nombres d'acteurs différents)	Etude des documents de la SLGRI Delta du Rhône
		Intégration extraterritoriale de la commune dans des travaux liés au risque littoral	Quantitatif (nombres de participations)	Entretien : Mairie/ Communauté d'agglomération ACCM/ Tour du Valat
		Etat de la réflexion sur la relocalisation des enjeux	Qualitatif	Entretien : Mairie
		Gestion de crise	Moyens d'alerte	Quantitatif (nombre de moyens d'alerte)
	Etat du PCS		Qualitatif	Entretien : Mairie
	Intégration du SDIS dans le PCS		Qualitatif	Entretien : Mairie/SDIS
	Sensibilisation	Sensibilisation dans les établissement scolaires	Quantitatif (nombre d'évènements organisés)	Entretien : Mairie
		Présence d'association sur les risques côtiers	Qualitatif	Consultation de l'annuaire des associations, et entretien : Mairie/ Tour du Valat
		Repères d'inondations ou de recul du trait de côte	Quantitatif (nombre de repères)	Relevés de terrain et entretiens : Mairie
		Etat du DICRIM	Qualitatif	Entretien : Mairie

Enfin, la dernière composante, celle des représentations du risque, va permettre de venir finaliser la compréhension de la vulnérabilité systémique du territoire.

2.5 COLLECTER LES PERCEPTIONS DE LA POPULATION

Les indicateurs de la composante représentation seront obtenus à travers un questionnaire à la population. La méthode du questionnaire est choisie car elle permet, en un laps de temps réduit, d'obtenir des réponses d'un grand nombre de personnes. Cela s'avère nécessaire à un traitement statistique des réponses autorisant la mise au jour de tendances dans la représentation, pouvant varier selon certains critères (le lieu de résidence, l'âge, la profession, etc.). L'objectif principal de celui-ci, outre la création des indicateurs, est d'observer d'éventuelles différences de représentations du risque

liées à l'attachement affectif, l'histoire générationnelle de l'enquêté avec la commune, ou son lieu de résidence.

2.5.1. Elaboration du questionnaire

L'élaboration du questionnaire doit répondre à plusieurs impératifs : être accessible au plus grand nombre quant à la compréhension des termes et des questions, permettre la création d'indicateurs à partir des réponses obtenues et autoriser la mise au jour d'effets de structures parmi les personnes interrogées. Pour cela, les nombreux conseils de Goeldner-Gianella et Humain-Lamoure (2010) seront suivis. Les questions seront ainsi toujours accompagnées d'explication des termes ou de propositions d'exemples pour permettre à l'enquêté de pleinement comprendre la question. La création d'indicateurs sera possible par la création de questions fermées, les valeurs de 1 à 5 usuellement utilisées étant attribuées selon un pourcentage de réponses obtenues, ou un nombre de réponses citées selon les possibilités de réponses des questions. Le principe soutenant cette attribution de valeur étant que plus un individu se rapproche de 5 sur un indicateur, plus ce dernier participe à une représentation du risque permettant de bons comportements en cas de survenue de l'aléa ou le respect de principes de précautions, par exemple. Les questions ouvertes seront plus rarement employées, majoritairement pour apporter des précisions aux réponses données aux questions fermées et approfondir l'interprétation des résultats plutôt que pour la création d'indicateurs en eux-mêmes. Enfin, la mise au jour d'effets de structures sera permise par la présence de questions liées à l'âge, l'activité et le lieu de résidence de l'enquêté mais également à son attachement affectif ou encore le temps depuis lequel il habite les Saintes-Maries-de-la-Mer ou la Camargue. Le questionnaire sera également structuré en six parties, trois contenant les questions nécessaires à l'élaboration des indicateurs et trois autres visant plutôt à contextualiser les réponses obtenues. La passation de ce questionnaire permettra finalement de dégager trois indices liés à la représentation du risque, à partir de la moyenne des indicateurs qui les composent. Les indicateurs entrant dans la composition de l'indice de conscience du risque (tableau 9) doivent permettre d'exprimer la place qu'occupe le risque littoral dans la vie quotidienne des individus. Ils permettent entre autres de répondre à certaines questions : se sentent-ils concernés par le risque littoral ? Ont-ils une démarche pro-active d'information et de protection ? Ont-ils déjà été confrontés à l'aléa littoral ?

Tableau 9 : Indicateurs de l'indice de conscience du risque, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Représentation	Conscience du risque	Expérience personnelle du risque	Quantitatif (part de la population ayant une expérience personnelle du risque)	Questionnaire
		Expérience indirecte du risque	Quantitatif (part de la population ayant une expérience indirecte du risque)	Questionnaire
		Recherche d'informations	Quantitatif (nombre de sources d'informations)	Questionnaire
		Place accordée aux risque dans les problématiques locales	Qualitatif	Questionnaire
		Perception de son exposition	Qualitatif	Questionnaire
		Connaissance des programmes de gestion	Quantitatif (part de la population connaissant les programmes locaux)	Questionnaire
		Mise en œuvre de mesures de protection individuelles	Quantitatif (nombre de mesures misent en places)	Questionnaire

Une autre partie du questionnaire permet d'aborder l'indice de confiance dans les institutions à travers 5 indicateurs (tableau 10). Cet indice apparaît comme important dans le potentiel de réduction de la vulnérabilité qu'il implique, en considérant que plus un individu fait confiance aux institutions chargées de la gestion des risques, et plus il estime les mesures de préventions efficaces, plus il sera enclin à mettre en œuvre les mesures règlementaires, à écouter les consignes d'évacuation, *etc.*

Tableau 10 : Indicateurs de l'indice de confiance dans les institutions et mesures de protection, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Représentation	Confiance dans les institutions et les mesures de protection	Confiance dans les acteurs nationaux et supra-nationaux	Qualitatif	Questionnaire
		Confiance dans les institutions locales et régionales	Qualitatif	Questionnaire
		Confiance dans les acteurs médiatiques pour l'information relative aux risques littoraux	Qualitatif	Questionnaire
		Perception de l'efficacité des ouvrages de protections	Qualitatif	Questionnaire
		Perception de l'efficacité des mesures d'évacuation et de prévention	Qualitatif	Questionnaire

Enfin, le dernier indice entrant en compte dans le calcul de l'indice général de représentation est celui de l'acceptabilité des mesures actuelles (tableau 11).

Tableau 11 : Indicateurs de l'acceptabilité des mesures actuelles, TRIAY Lucas, 2022

Composante	Indice	Indicateur	Type d'indicateur	Acquisition
Représentation	Acceptabilité des mesures réglementaires et structurelles actuelles	Consentement à payer	Quantitatif (part de la population favorable à la taxe gemapi)	Questionnaire
		opinion sur les stratégies possibles (maintien du trait de côte ou recul stratégique)	Quantitatif (part de la population préférant le maintien du trait de côte)	Questionnaire
		Acceptabilité des digues (comparé à d'autres méthodes)	Qualitatif	Questionnaire
		Acceptabilité des enrochements (comparé à d'autres méthodes)	Qualitatif	Questionnaire
		Déménagement potentiel face à l'évolution de l'aléa	Quantitatif (part de la population ne souhaitant pas déménager)	Questionnaire

L'acceptabilité traduit le niveau d'approbation des individus par rapport aux mesures mises en place (taxes GEMAPI, ouvrages) mais aussi par rapport au seuil d'acceptation des effets de l'aléa (souhaitent-ils rester malgré une augmentation probable des inondations par submersion marine). Cet indice est intéressant à prendre en compte dans la représentation car il exprime le potentiel de protestation de la population face à des réglementations ou autres mesures de protection. On admet en effet que plus l'indice d'acceptabilité est élevé, plus la population sera en accord avec les mesures entreprises. A noter qu'ici l'acceptabilité porte sur le *statu quo*, c'est-à-dire le maintien du trait de côte grâce à des ouvrages lourds principalement. Les trois autres parties du questionnaire permettront de cadrer et contextualiser celui-ci (« ressenti général face aux risques naturels »), et de fournir des éléments de croisement des données selon des effets de structures (« attachement affectif aux Saintes-Maries-de-la-Mer » et « Mieux vous connaître »). Une première version du questionnaire a été testé auprès de quatre personnes, dans le but de faire ressortir les éventuels biais de compréhension des questions ou le manquement de certaines options de réponses dans les questions fermées. Suite à cela, une version finale est mise au point, les changements portant principalement sur de l'ajout d'options de réponses. De plus, certaines questions du questionnaire (consultable en annexe) ne seront finalement pas employées dans les résultats car jugé, lors du traitement des réponses, non pertinentes dans la création des indices ou n'ayant pas récolté assez de réponses (toutes les questions n'étaient pas nécessairement obligatoires). Les objectifs et questions du questionnaire ayant été définis, et celui-ci testé, l'étape suivante est donc la collecte de réponses.

2.5.2. Quel échantillon et moyen de passation du questionnaire ?

La première intention concernant l'échantillon d'individus est d'interroger la population résidant ou possédant leur commerce dans les zones d'aléa les plus susceptibles d'évoluer lors des prochaines décennies. Cependant, face aux nombreux refus, le choix est fait d'étendre l'échantillon à la population générale, quel que soit leur niveau d'exposition à l'aléa. Dans le but de rester représentatif, il sera donc nécessaire que l'échantillon retenu inclue 33,3 % de personnes de plus de 65 ans, 9,7 % de « jeunes adultes » (20-34 ans), 41,6% d'adultes (35-64 ans) et 15,4 % d'individus entre 0 et 19 ans. Le total de ces individus devra également comporter 56,5 % de femmes et 43,5 % d'hommes. Le moyen de passation sera le face à face direct, dans la rue ou au domicile. Là encore, les nombreux refus poussent à changer de stratégie pour la passation. Le choix est donc fait de contacter des associations de la ville et de convenir, si elles le souhaitent, d'un rendez-vous avec leurs adhérents, duquel ils ont été préalablement informés. Les associations sportives sont visées pour rencontrer plutôt des individus jeunes tandis que les personnes plus âgées sont recherchées à travers le contact d'associations culturelles. La méthode du rendez-vous convenu d'avance s'avère plutôt payante, 6 associations répondant favorablement à l'appel. A la demande des enquêtés, le questionnaire leur est donc distribué puis retourné la semaine suivante (le face à face direct aurait pris trop de temps sur leur temps associatif). Le traitement des réponses permettra finalement de compléter la dernière composante de la vulnérabilité systémique, et, à l'instar de la composante gestion, la représentation des données se fera plutôt à l'aide d'un diagramme radar, complété par une description des résultats complémentaires. Le choix initial était de cartographier les résultats, et ainsi représenter les éventuelles disparités spatiales qui auraient pu exister au niveau des réponses. Cependant, les individus interrogés se sont montrés réticents à l'idée de communiquer leur adresse.

L'entièreté des composantes étant désormais renseignées, un diagnostic assez complet de la situation de vulnérabilité de référence (en 2022 donc) est donc obtenu, et permet de chercher à dégager des trajectoires d'évolutions possibles.

2.6. METTRE AU POINT DES TRAJECTOIRES PROSPECTIVES POUR ÉLABORER DES SCÉNARIOS

Elaborer des scénarios d'évolutions possibles de la vulnérabilité systémique d'un territoire demande tout d'abord d'établir des trajectoires prospectives d'évolutions de ses composantes, et cela ne peut se faire qu'en observant et croisant des tendances.

2.6.1. S'intéresser au passé pour comprendre les tendances d'évolution

Afin d'observer les tendances d'évolution d'un indicateur ou d'un indice, il apparaît nécessaire de regarder en arrière et comprendre quel était l'état de tel ou tel indicateur quelques années ou dizaines d'années en arrière. Pour cela, plusieurs solutions possibles. La plus évidente est celle de la discussion avec les habitants qui résident depuis longtemps dans la commune. Elle peut permettre notamment de connaître les évolutions économiques qu'a connues un territoire, mais aussi les évolutions du paysage, des plages ou même des possibilités en termes de construction. La principale limite étant cependant que la fiabilité des propos tenus ne peut être assurée car pouvant être biaisée par des convictions personnelles, exagérations ou autres. Dans le cadre de cette étude, les discussions entreprises avec quelques habitants ont essentiellement porté sur l'évolution des plages et la mutation économique qu'a connue le village, de plus en plus tourné vers le tourisme. Les archives communales (transférées aux archives départementales des Bouches-du-Rhône) sont également de bonnes sources d'informations. Ces dernières ont notamment permis d'étudier les recensements depuis 1836, dans le but de comprendre l'évolution de la population et de la population vulnérable, et d'observer des photographies anciennes du village, qui témoignent de son évolution. Enfin les bases de données de l'INSEE notamment permettent selon les données de remonter jusqu'en 1968, ce qui permet de quantifier l'évolution du bâti, et celle du projet CORINE Land Cover permet d'observer l'évolution de l'occupation du sol. Selon les sources, il sera donc possible, pour certains indicateurs, de quantifier les tendances d'évolution, et pour d'autres d'établir des tendances sur la base de données qualitatives.

En compilant ces dernières, quel que soit leur nature, avec la situation actuelle observée, il devient possible d'émettre des hypothèses d'évolution. Pour cela, il apparaît cependant nécessaire de croiser les tendances.

2.6.2. Croiser les tendances des indices pour obtenir des hypothèses sur l'évolution future

En effet, si considérer les composantes et les indices de manière sectorielle est justifiable dans un diagnostic de vulnérabilité systémique à un temps T, cela n'est pas pertinent dans le cadre d'une trajectoire future d'évolution. La démographie peut par exemple être influencée par la possibilité de constructions de nouvelles résidences, et dans ce cas, croiser les tendances de ces deux indicateurs est nécessaire afin d'estimer à la fois une évolution de la population et une possible augmentation de la surface bâtie.

Toutefois, il ne sera pas possible de conjecturer des trajectoires pour toutes les composantes. Il paraît en effet hasardeux d'estimer une évolution des représentations car cela est trop intrinsèquement liée à des facteurs humains imprévisibles. De même, il est possible de dégager une trajectoire possible d'évolution pour certains indicateurs de la composante gestion à partir des réglementations existantes mais l'on ne peut prévoir les réglementations et autres lois futures qui pourraient imposer de nouvelles mesures favorisant la réduction de la vulnérabilité. Dans ce cadre, il sera décidé de proposer des trajectoires lorsque les indicateurs apparaissent comme assez stables et fiables (cela concerne notamment les indicateurs d'aléa, et ceux liés à la composante enjeux). De plus, la représentation cartographique de l'évolution du risque ne sera pas toujours possible, certaines évolutions possibles des indicateurs d'enjeux s'appréciant de manière générale et non pas selon un géoréférencement précis. En tout temps de l'analyse des résultats, il sera surtout primordial de garder à l'esprit que les données présentées sont avant tout des hypothèses d'évolution, qui semblent probables mais ne sont pas des vérités immuables.

Enfin, une fois que l'ensemble des méthodologies présentées sont employées dans la recherche de données, elles permettent d'exposer des résultats dépeignant de la manière la plus précise et synthétique possible les leviers de la vulnérabilité systémique face aux risques littoraux sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer.

3. SPATIALISATION, TRAJECTOIRES PROSPECTIVES ET CONTRIBUTION DES COMPOSANTES À LA VULNÉRABILITÉ SYSTÉMIQUE

Acquérir des données est une chose, mais elles ne révèlent tout leur potentiel d'informations qu'à travers une représentation graphique ou cartographique, et une interprétation de ceux-ci. L'enjeu est ici de repérer les points du territoire favorisant la vulnérabilité, cela afin de le comprendre et l'analyser en tant que scientifique mais également de fournir une aide à la décision pour les gestionnaires. Les résultats des indicateurs de chaque composante seront ainsi exposés, avant de chercher à conjecturer des évolutions possibles de la vulnérabilité.

3.1. UN ALÉA LITTORAL MOYEN SOUMIS À UNE DYNAMIQUE D'INTENSIFICATION

Entre une érosion observée sur le temps d'une vie par les plus anciens des Saintois et les arrêtés CatNat attestant de la présence d'évènements de submersion marine pouvant causer des dommages, l'existence d'un aléa littoral sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer n'est plus à démontrer. Mais comment celui-ci s'exprime-t-il ? Quelles sont les zones touchées ou qui le seront dans les décennies à venir ?

3.1.1. Une forte érosion aux abords du village et sur le littoral Saintois

Défavorisé par le fonctionnement des cellules sédimentaires (qui transportent les sédiments vers les pointes de Beauduc à l'est et de l'Espiguette à l'ouest), et les apports trop faibles du Petit Rhône, le littoral Saintois est grandement concerné par l'érosion. C'est environ 79% du littoral qui connaît ainsi une dynamique érosive (figure 18).

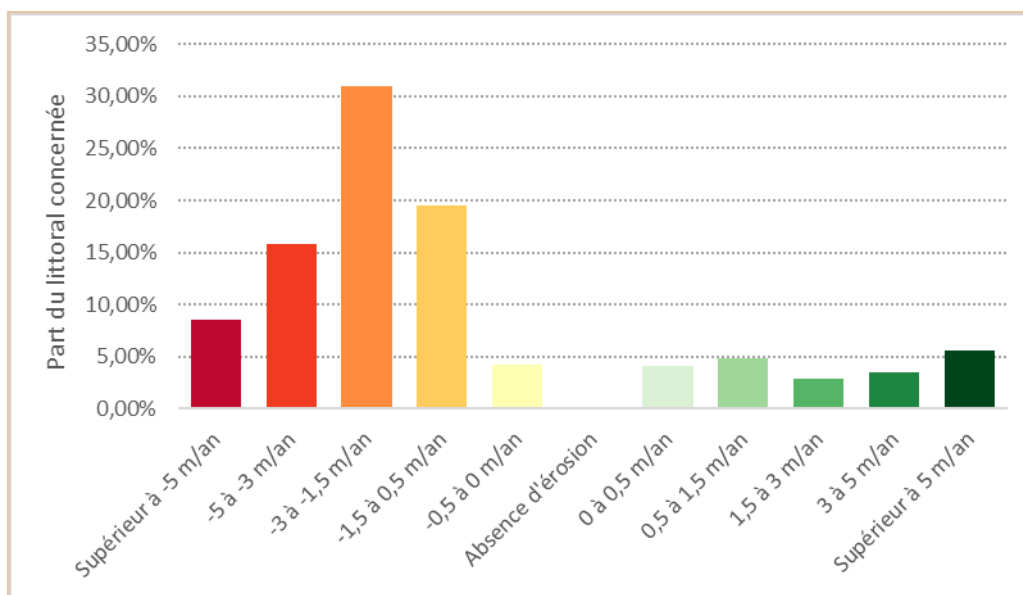


Figure 18 : Répartition des vitesses d'érosion et d'accrétion, TRIAY Lucas, 2022

Il est possible d'observer que les secteurs en accrétion sont fortement minoritaires face aux secteurs en érosion. Ceux-ci présentent, de plus, des vitesses relativement élevées, avec une moyenne de la vitesse d'érosion annuelle sur le littoral d'environ 2,44 m/an. Cela se traduit, sur le terrain, par une accrétion sur le secteur de la plage de Beauduc, tandis que les vitesses d'érosion les plus importantes se retrouvent à la proximité est du village (figure 19). A l'ouest du village, la totalité des plages du Grands Radeau connaissent une érosion allant de faible (-0,5 à -1,5 m/an) à forte (-3 à -5 m/an), et ceux malgré la présence d'épis et de digues frontales, ce qui permet de souligner leur inefficacité sur ce secteur. Sur le secteur du village, les épis et brise-lames permettent, par endroit, une accrétion, mais l'érosion est toutefois bien présente. Dans ce cadre, il est possible d'affirmer que la digue frontale a permis de sauvegarder le village, auquel cas, son bâti aurait déjà subi les effets de l'érosion. Celle-ci n'est toutefois pas présente à la proximité ouest du village, alors même que ces plages connaissent une vitesse de recul moyen annuel assez importante et que des enjeux structurels se trouvent en arrière. Cela pourrait donc, à terme, impacter durement ces derniers.

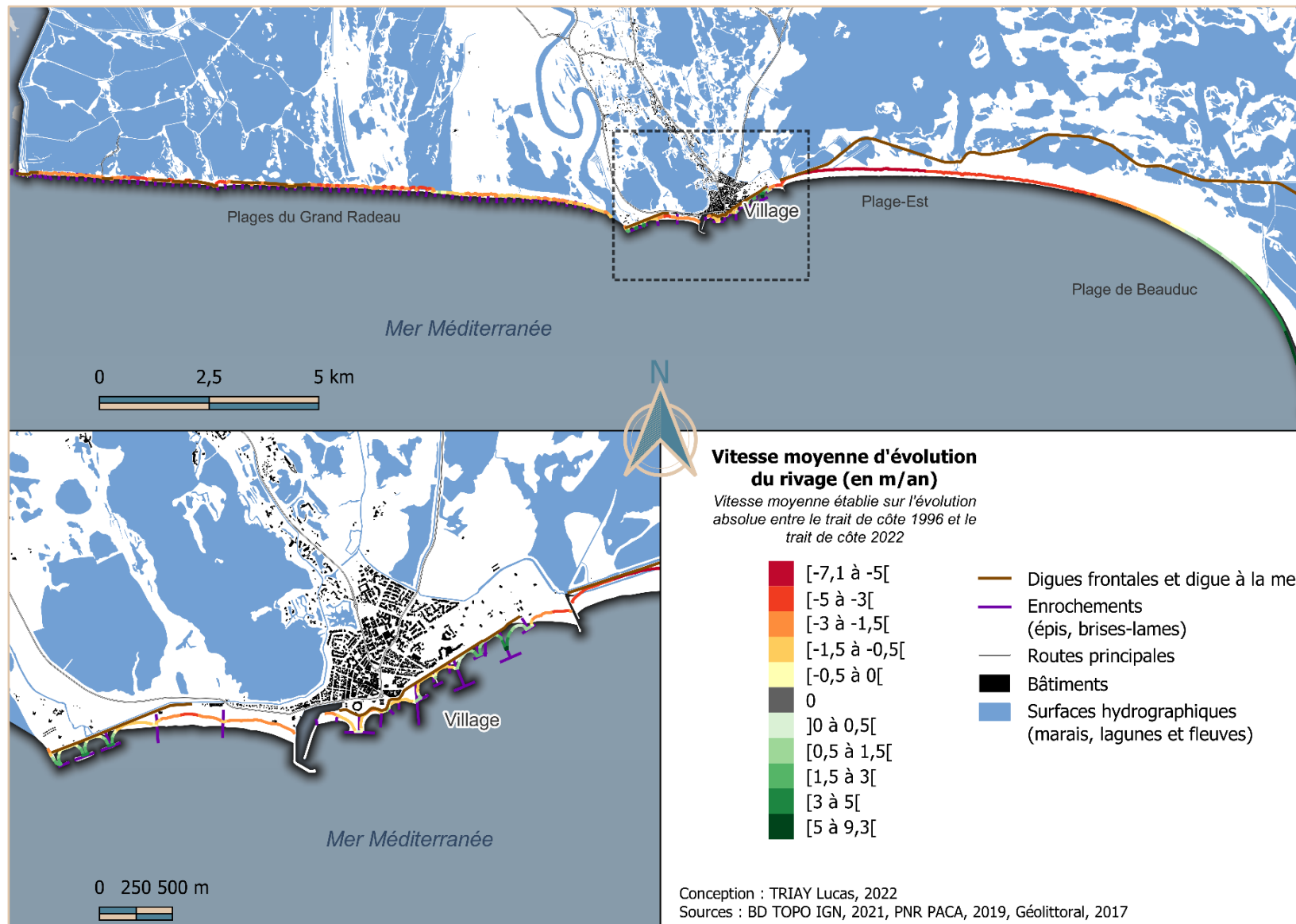


Figure 19 : Cartographie des dynamiques érosives sur le littoral des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022

3.1.2. Une submersion marine modérée

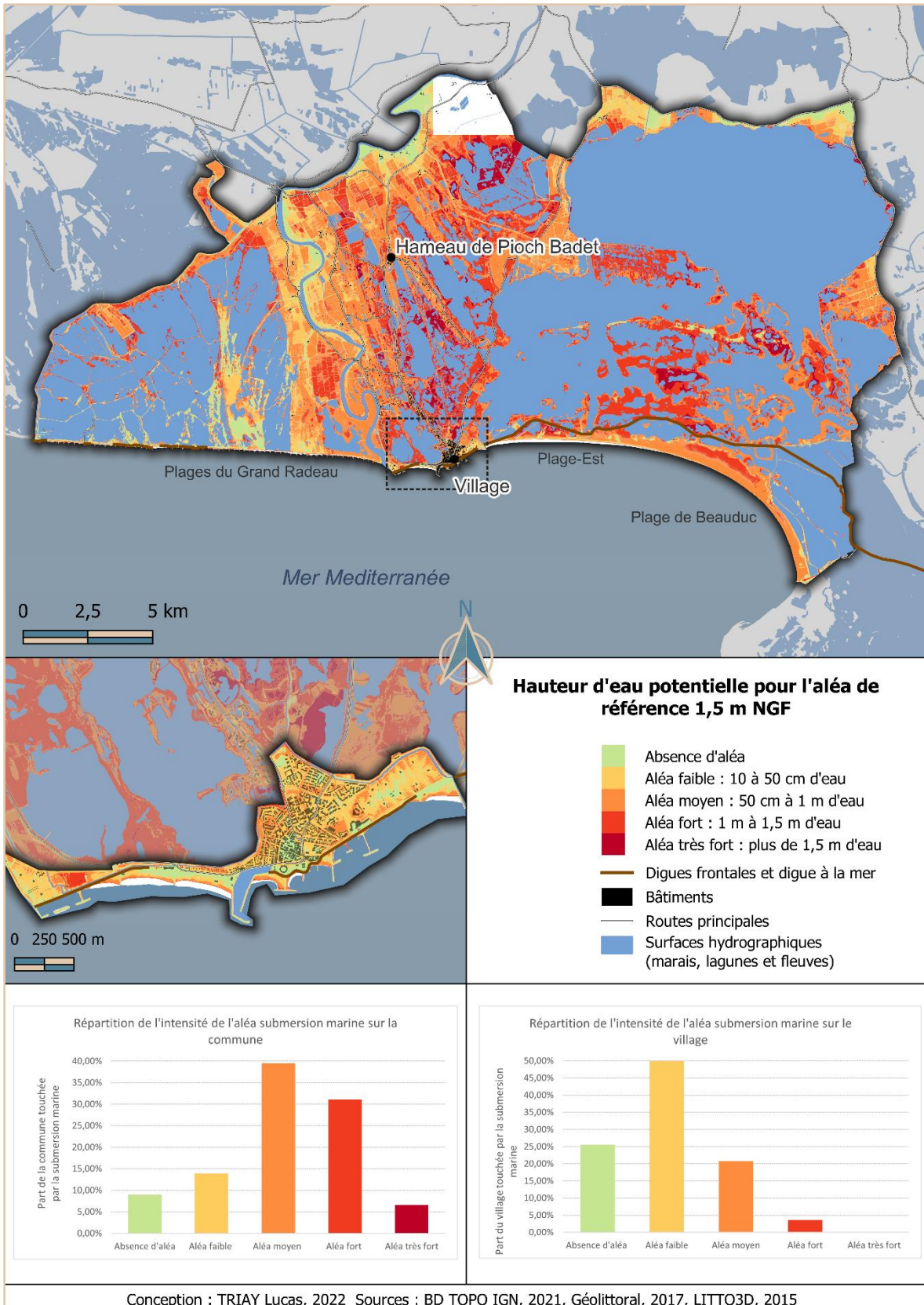


Figure 20 : Cartographie de la submersion marine pour l'aléa de référence 1,5 m NGF, TRIAY Lucas, 2022

A l'échelle de la commune, on remarque, pour l'aléa de référence 1,5 m NGF, une prédominance de l'aléa moyen et fort, ces deux valeurs d'intensité combinées représentant 70% du territoire touchée par la submersion marine (à noter toutefois qu'une portion du territoire n'est pas renseignée au nord de la commune car la dalle de MNT Litto3D mise en ligne par le SHOM était inexploitable due à une erreur d'écriture du fichier contenant la dalle). Les intensités d'aléa fortes à très fortes se concentrent sur les zones basses lagunaires et marécageuses, tandis que l'aléa d'intensité moyenne est majoritairement localisé aux abords du Petit Rhône et sur les surfaces agricoles du nord de la commune. Cependant le secteur du village se trouve épargné par les intensités les plus fortes. Environ 25% du secteur n'est pas touché par l'aléa, tandis que le reste de la surface atteinte se répartit entre de l'aléa faible à moyen, et que la zone d'aléa fort observée se situe sur une zone inoccupée. Cette relative protection, en comparaison avec le reste de la commune, s'explique notamment par l'altitude du village. En effet, si la majeure partie des Saintes-Maries-de-la-Mer et du delta du Rhône en général, possède des altitudes négatives ou aux alentours des un mètre NGF, le village, lui, a été construit sur une zone légèrement plus élevée, notamment le centre historique dont l'altitude peut atteindre 2,8 m NGF. De plus, il faut garder en tête la méthode de superposition de MNT employée pour obtenir les résultats, et qui fait fi des ouvrages. Ainsi, les hauteurs d'eau potentielles présentées ici s'interprètent sous le prisme du pire scénario en quelque sorte, selon lequel les ouvrages ne sont pas efficaces. Dans le cas d'ouvrages efficaces, les hauteurs d'eau observées seraient donc moins importantes.

3.1.3. Une combinaison de l'aléa érosion et submersion qui crée un aléa littoral moyen

La combinaison des indicateurs d'aléa submersion marine et érosion permet d'obtenir l'indice général d'aléa littoral et de le cartographier (figure 21). Du fait du croisement des indicateurs, le secteur de la Plage-Est est désormais classé en aléa fort à moyen, dû aux vitesses annuelles moyenne de l'érosion, de même que le secteur des plages du Grand Radeau. Le village hérite, quant à lui, d'un aléa littoral moyen sur son front de mer et d'aléa faible sur le reste du secteur. La zone d'habitats dispersés, entre le village et le hameau de Pioch Badet, présente des intensités d'aléa allant de moyennes à fortes. Enfin, la moyenne des indices par carreau de l'aléa littoral renvoie une valeur de 3, la commune peut donc être classée comme étant soumise à un indice général d'aléa littoral moyen. Ces valeurs ne sont bien évidemment valables que pour les aléas observés en 2022, et sont donc susceptibles d'évoluer dans les prochaines décennies.

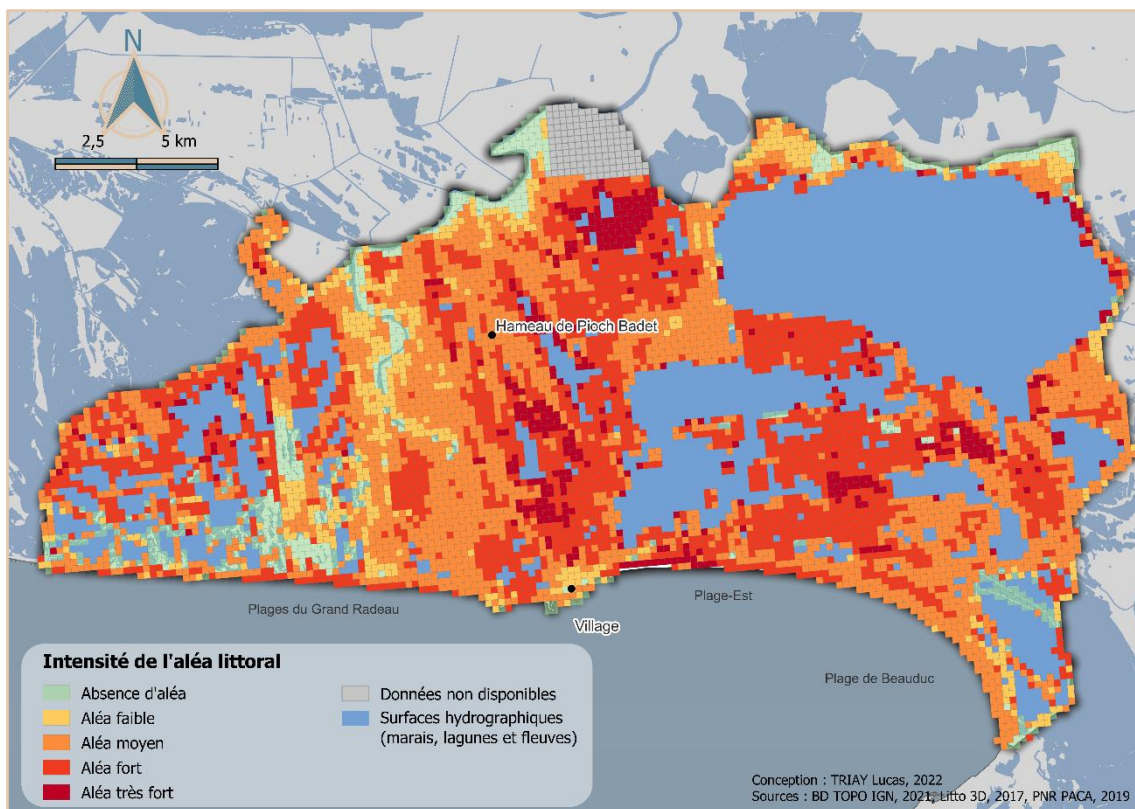


Figure 21 : Cartographie de l'indice général d'aléa littoral, TRIAY Lucas, 2022

3.1.4. Quelles évolutions de l'aléa à court, moyen et long terme ?

L'aléa littoral est un aléa évolutif. Les hauteurs d'eau lors des événements de submersion marine sont influencées par le niveau moyen de la mer, qui tend à s'élever de plus en plus vite, et l'érosion, quant à elle, poursuit son travail de mobilisation des sédiments. Les vitesses annuelles moyennes pourraient évoluer sous l'effet de l'élévation du niveau marin selon le GIEC (2022). Toutefois, l'analyse des séries intermédiaires de l'érosion montre des vitesses de recul moyennes à l'année relativement stable depuis 1996. Si les tendances se poursuivent, les Saintes-Maries-de-la-Mer pourraient ressentir les premiers effets impactants de l'érosion aux alentours de 2050 (figure 22). A cette date, en effet, le trait de côte pourrait s'être fortement rapproché des habitations situées à l'Ouest du secteur du village. La Plage-Est devrait être amputée du tiers de sa largeur, de même que les plages du village. Cela pourrait impacter le tourisme, le territoire pouvant devenir moins attractif s'il ne dispose plus des grandes plages de sables faisant sa renommée et ayant façonné son image. En 2100, les surfaces érodées atteindraient et même dépasseraient les bâtiments menacés en 2050, le terrain servant d'aire de camping-car durant la saison estivale serait réduit de moitié et la Plage-Est pourrait avoir quasi complètement disparue, tout comme les plages du village.

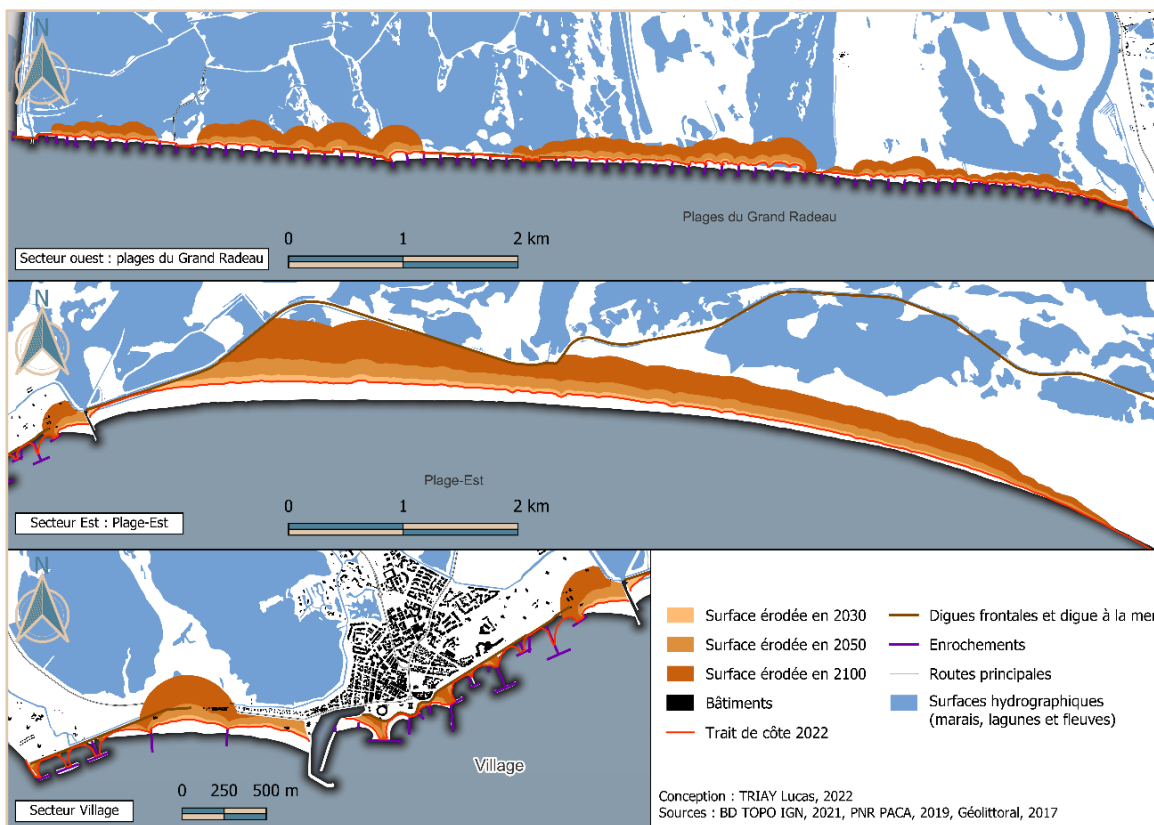


Figure 22 : Cartographie des surfaces érodées en 2030, 2050 et 2100, par secteur, TRIAY Lucas, 2022

Ce rapprochement de la mer avec la digue à la mer et les digues frontales du village s'avèrerait particulièrement problématique puisque celle-ci serait donc soumise bien plus fréquemment à l'énergie motrice des vagues. Cela pourrait la fragiliser et favoriser les brèches lors des évènements extrêmes. Cette fragilisation possible des ouvrages lourds de protection est également préoccupante dans un contexte d'évolution de l'intensité de l'aléa submersion marine. Influencé par l'élévation relative du niveau marin, l'aléa centennal actuel de 1,5 m NGF pourrait à terme devenir un aléa plutôt décennal. Si les types de temps favorables à l'installation d'une surcote ne devraient pas connaître une hausse de fréquence (Ullmann & Sabatier, 2010), les submersions pourraient malgré tout survenir plus fréquemment. En effet, avec un niveau relatif de la mer méditerranéenne augmentant, pour atteindre potentielle 94 cm NGF en 2100, il suffirait d'une surcote de 56 cm pour atteindre le niveau de l'aléa centennal de référence actuel, lequel requiert aujourd'hui une surcote de 1,1 m et un wave set-up de 40 cm pour être atteint. Dans ces conditions, les effets modérés que peut connaître le village actuellement lors des submersions évolueraient fortement jusqu'à atteindre des niveaux d'intensité fort à très fort (figure 23).

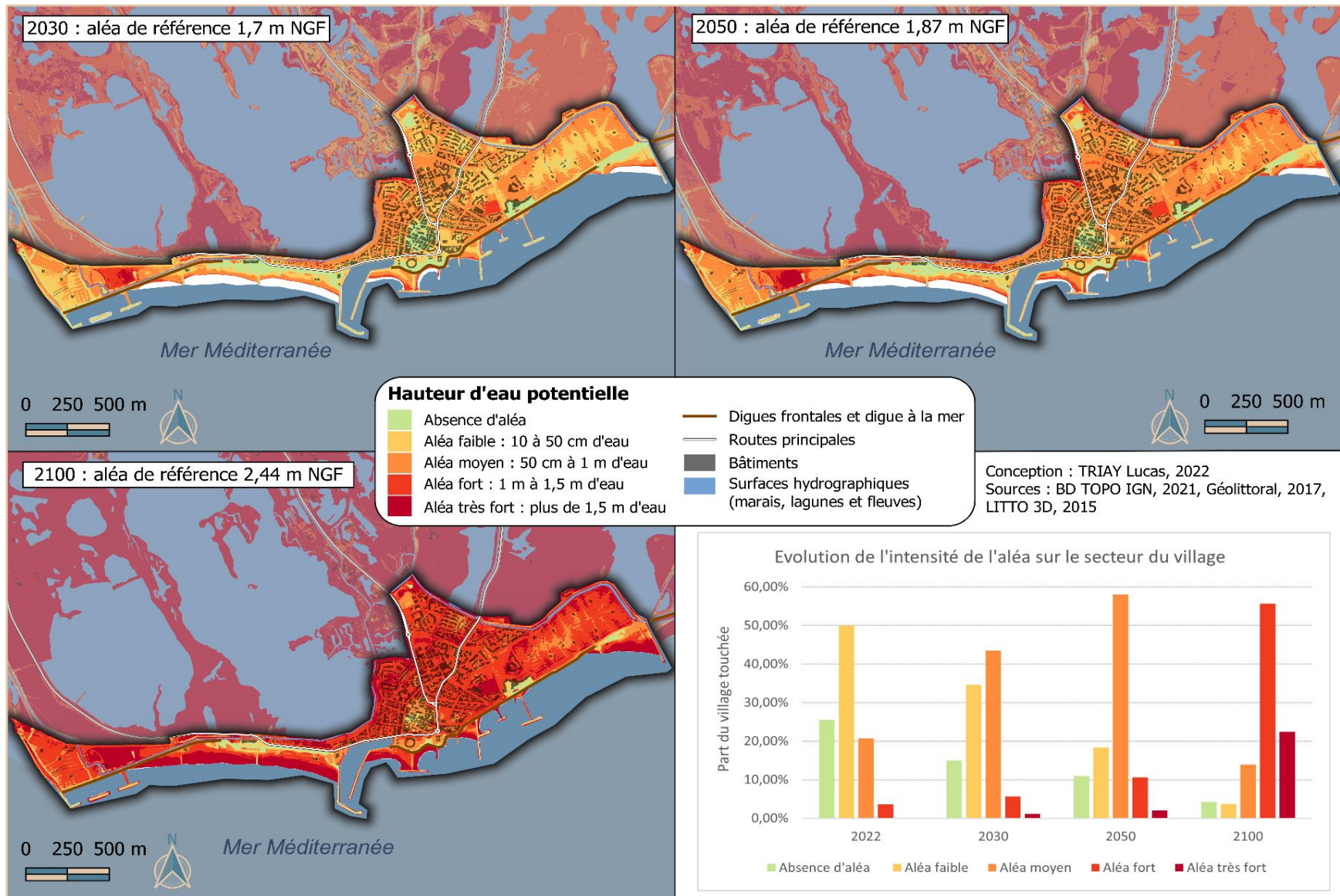


Figure 23 : Cartographie de l'évolution de l'aléa submersion marine sur le village en 2030, 2050 et 2100, TRIAY Lucas, 2022

Une hausse d'environ 25% des zones du village atteinte par un aléa d'intensité moyenne est possible à court terme, cette hausse se poursuivant en 2050, parallèlement à une réduction des zones non touchées par l'aléa ou faiblement impactée. L'aléa de référence 2100, quant à lui, marque un véritable point de rupture. 70 % du secteur du village est touché par une intensité forte à très forte, alors que ces catégories représentaient environ 12% seulement en 2050. De fait, à court (2030) et moyen terme (2050), la survenue d'un aléa centennal de submersion marine aurait un potentiel d'impact sur le village plus grand qu'en 2022, mais resterait dans des tranches d'intensités faibles à moyennes. A contrario, une submersion marine en 2100, couplée à la fragilisation des ouvrages par l'érosion, pourrait s'avérer dévastatrice pour le village.

A la lumière de cet aléa existant et s'intensifiant, identifier et localiser les enjeux favorisant la vulnérabilité s'avère donc primordial.

3.2. UNE CONSTRUCTION DU RISQUE À TRAVERS L'INTENSITÉ DES ENJEUX

Quels types d'enjeux porte la commune ? Où se situent-ils et quelles intensités, ou importances, présentent-ils ? Autant de questions auxquelles il est possible de répondre grâce aux indicateurs d'enjeux.

3.2.1. Des enjeux structurels forts dans le village et un bâti globalement peu adapté aux zones d'intensité de l'aléa

En se basant uniquement sur le diagnostic du potentiel de refuge des bâtis résidentiels du village, celui-ci fait ressortir une assez bonne adaptation à une submersion marine ou une inondation en termes de mise en sûreté (figure 24). En effet, environ 77% des bâtis résidentiels disposent à minima d'une pièce refuge. Cependant lorsque le bâti est de plain-pied, il ne comporte que rarement une ouverture sur le toit pouvant faciliter une éventuelle évacuation par ce biais. Un grand nombre de bâtis comptabilisés comme étant de plain-pied correspond également à un bâti collectif dont certains appartements se trouvent en rez-de-chaussée uniquement (le cas particulier évoqué dans la méthodologie). Toutefois, si ce diagnostic de potentiel de refuge, de prime abord plutôt positif, est mis en relation avec les zones d'intensités de l'aléa, le bilan s'avère plus nuancé. Ainsi, les bâtis les plus adaptés à une mise en sûreté se situent quasi tous au niveau du centre historique, lequel devrait être hors d'eau en cas de survenue de l'aléa centennal actuel. En revanche, les bâtis les moins adaptés se trouvent, eux, dans des zones potentiellement inondables, d'intensité faible à moyenne. Une certaine spatialisation du bâti adapté se dessine alors, ceux n'offrant pas de refuge en hauteur à l'ouest et nord-ouest du village ainsi qu'à l'est du centre historique, les plus adaptés à un refuge au niveau du centre historique, et les lotissements disposant quasi

tous d'un étage au nord-est du village. Une différenciation temporelle émerge également. Le lotissement des Launes, au nord-ouest du village en bordure de l'étang des Launes, construit après les années 2000, est constitué de maisons individuelles n'offrant au maximum qu'une ouverture sur le toit pouvant être exploitée pour l'évacuation, tandis que la majeure partie des bâtis considérées comme offrant un bon potentiel de refuge datent principalement du 20^{ème} siècle. Enfin la majeure partie des cas particuliers des habitats collectifs avec logement complet en rez-de-chaussée (et donc considéré comme un bâti de plain-pied sans ouverture sur le toit) datent de la seconde moitié du 20^{ème} siècle (1950-2000). Ces bornes temporelles peuvent ainsi faire penser à une perte progressive de la culture du risque, qui aurait engendré des habitats moins, voire non adaptés, en cas de survenue de l'aléa de submersion marine.

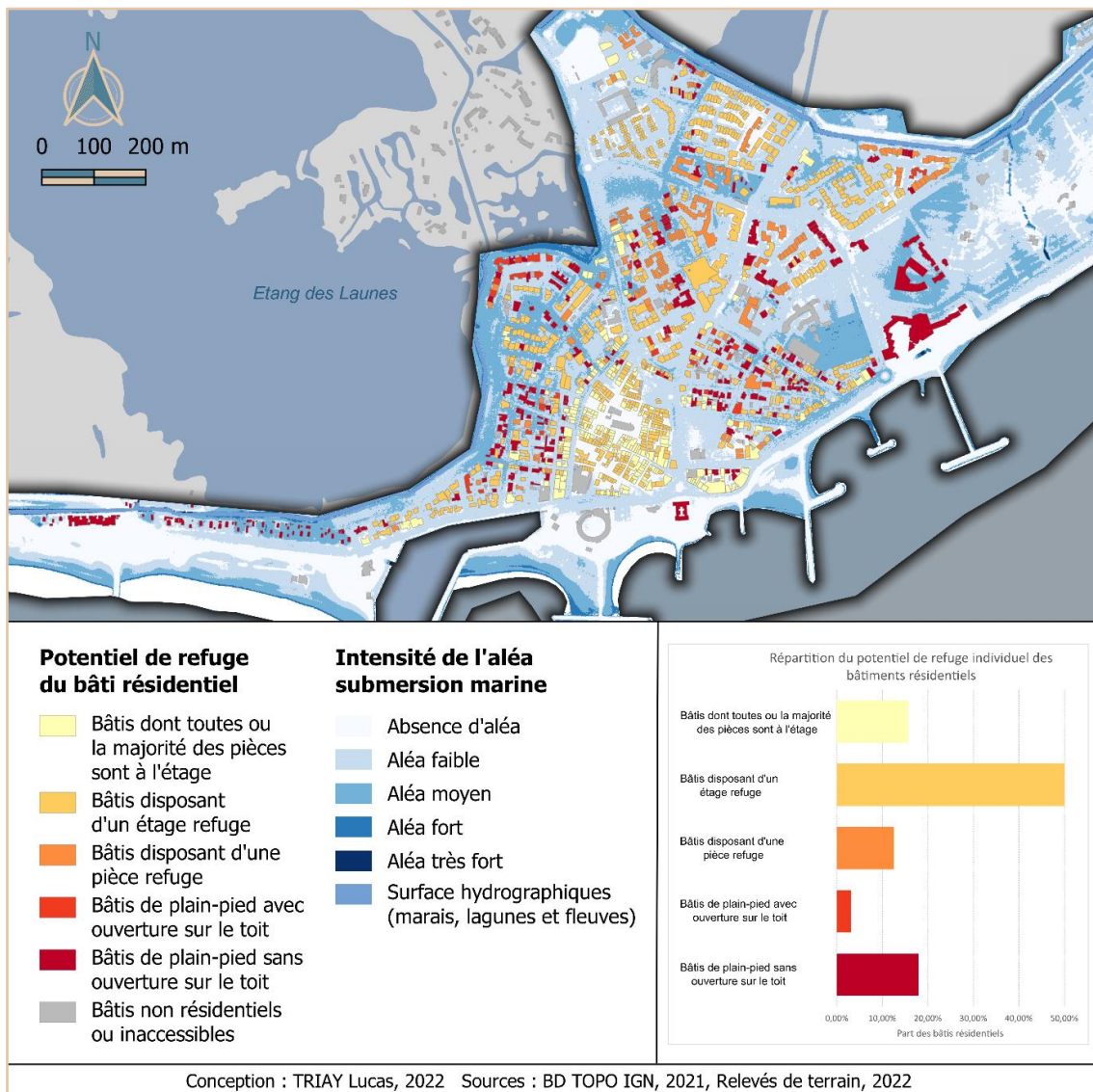
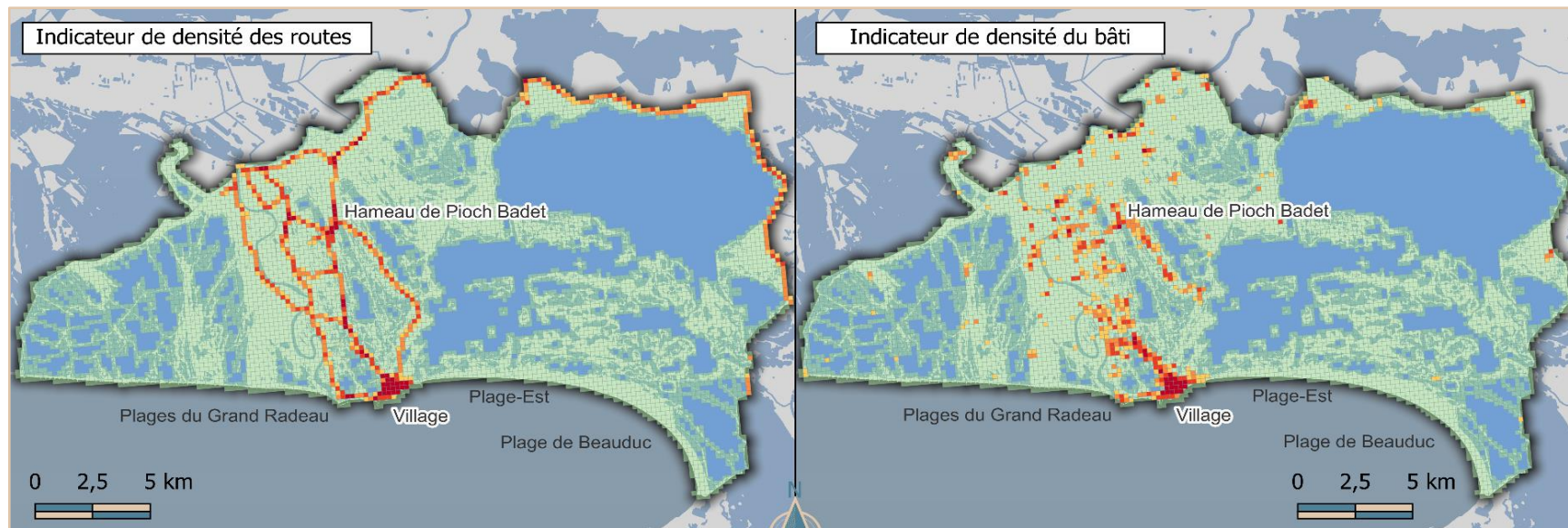


Figure 24 : Cartographie du potentiel de refuge des bâtis résidentiels du village, TRIAY Lucas, 2022



Intensité des enjeux

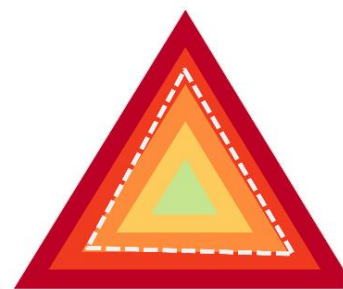
- Absence d'enjeux
- Enjeux faibles
- Enjeux moyens
- Enjeux forts
- Enjeux très forts

- Surfaces hydrographiques (marais, lagunes et fleuves)

Valeurs moyennes des indicateurs structurels

(prise en compte des carreaux porteurs d'enjeux structurels uniquement)

Potentiel de refuge du bâti



- Absence d'enjeux
- Enjeux faibles
- Enjeux moyens
- Enjeux forts
- Enjeux très forts
- Moyenne de l'indicateur

Densité du bâti

Densité des routes

Conception : TRIAY Lucas, 2022 Sources : BD TOPO IGN, 2021

Figure 25 : Cartographie des indicateurs structurels et contribution à l'indice général moyen d'enjeux structurels, TRIAY Lucas, 2022

Outre l'indicateur de potentiel de refuge du bâti, les deux autres indicateurs employés dans l'indice d'enjeux structurels (densité du bâti et densité des routes), présentent une concentration de forts enjeux au niveau du village puis le long des axes routiers au nord de celui-ci, eux-mêmes encadrant le Petit Rhône et les étangs (figure 25). La majeure partie du territoire de la commune est donc dépourvu d'enjeux structurels ce qui s'explique notamment par la nature de l'occupation du sol, composée principalement de marais, sansouïres, terres agricoles et lagunes.

3.2.2. Vulnérabilité de la population et des ménages

Les enjeux humains s'expriment à travers un potentiel d'exposition, un potentiel de difficulté d'évacuation avec l'indicateur de population vulnérable et un potentiel de résilience (ou plutôt non-résilience) à travers les ménages pauvres (figure 27). Dans le cas des Saintes-Maries-de-la-Mer, la population se concentre essentiellement dans le village, lequel compte également une grande part de population vulnérable. L'entièreté des carreaux englobant le secteur du village comptent entre 30% et 50%, parfois même plus, de population vulnérable (entre 0 et 10 ans et 65 ans et plus). Cette tendance se généralise à l'ensemble de la commune, 75% des carreaux contenant de la population étant classé en enjeux fort à très fort, soit au minimum 30% de population vulnérable. Celle-ci est d'ailleurs plutôt représentée par les personnes âgées que par les enfants, symboles d'une population vieillissante, comme le montre la pyramide des âges ci-contre

(figure 26). La population âgée est fortement représentée et devrait continuer à l'être dans les prochaines décennies (potentiellement en plus faible nombre toutefois). Cependant, la spatialisation des ménages vivant sous le seuil de pauvreté va

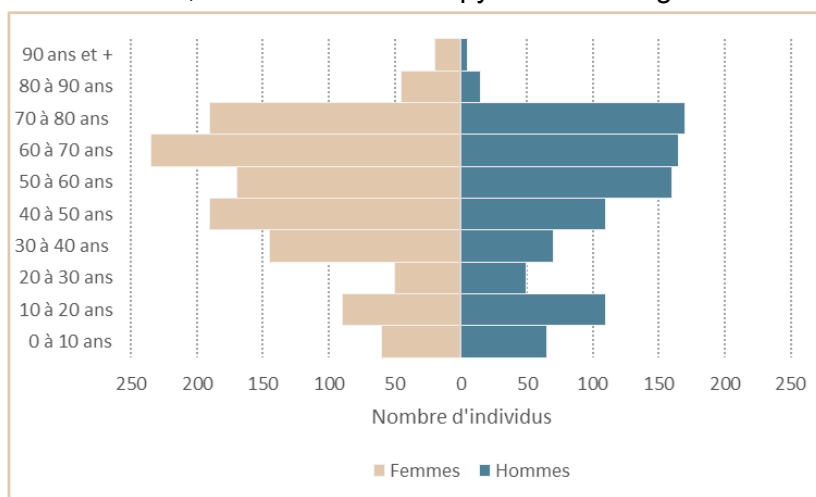


Figure 26 : Pyramide des âges de la population des Saintes-Maries-de-la-Mer en 2018, d'après données du recensement de l'INSEE, TRIAY Lucas, 2022

quelque peu à contre-courant de la tendance à la concentration dans le village, puisqu'on retrouve les enjeux les plus forts essentiellement dans les habitats dispersés au nord du village et à l'ouest du hameau de Pioch Badet.

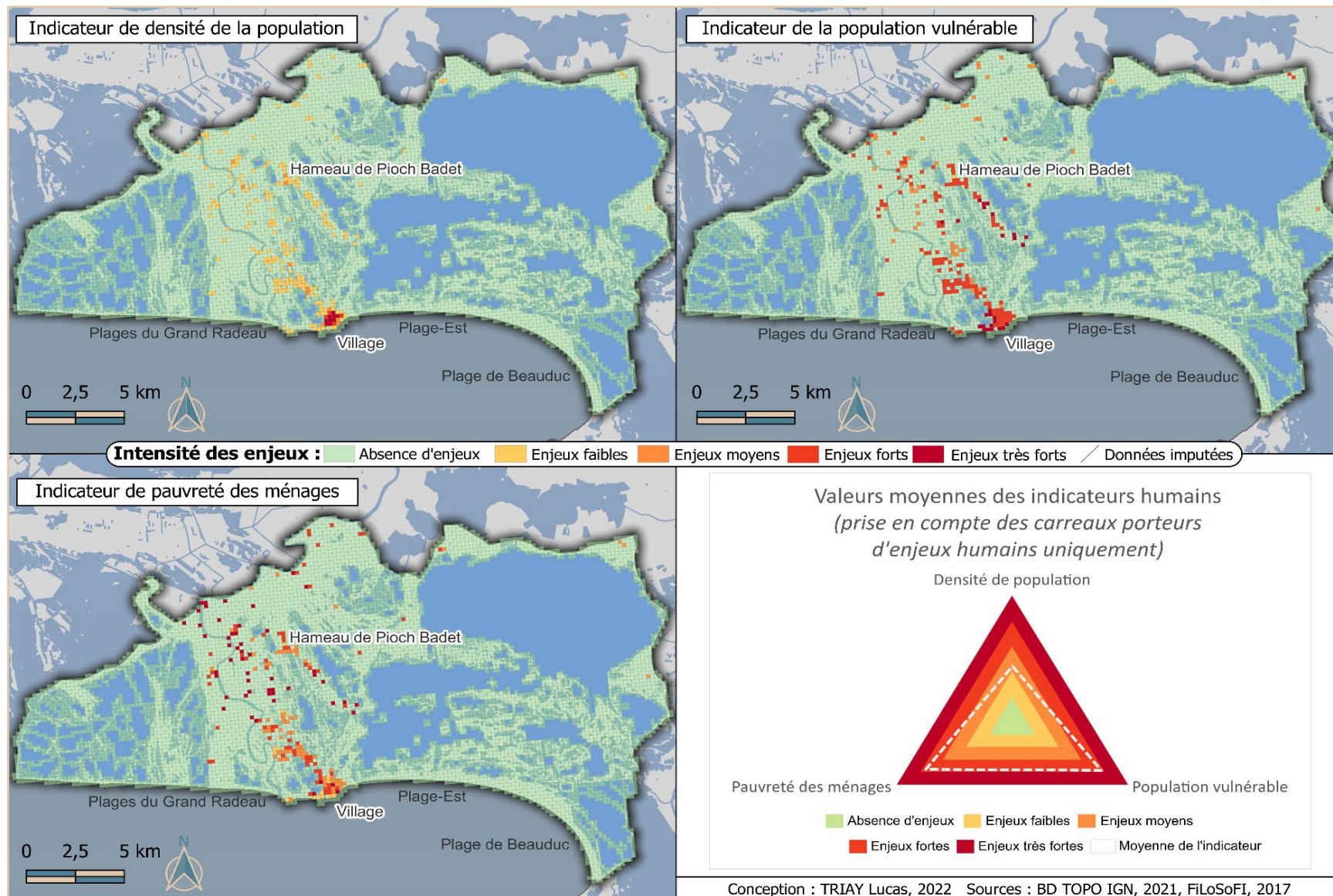


Figure 27 : Cartographie des indicateurs humains et contribution à l'indice général moyen d'enjeux humains, TRIAY Lucas, 2022

La population vulnérable présente la valeur moyenne la plus importante et pour cause, 39 % de la population communale étant considérée comme vulnérable, dont 85 % sont des personnes âgées de plus de 65 ans et 15 % des enfants de moins de 10 ans. La moyenne de l'indicateur de pauvreté des ménages est également élevée, ces derniers représentant 22,7 % des ménages recensés sur la commune. La densité de population est plus en retrait, sa moyenne étant notamment influencée par les nombreux habitats dispersés résultant en des carreaux aux enjeux faibles.

3.2.3. Une activité économique spatialement segmentée et peu diversifiée

L'activité économique de la commune se divise en deux grands pôles : l'un autour du secteur primaire représenté par l'élevage et l'agriculture, et l'autre relevant du secteur tertiaire, notamment de l'activité de services autour du potentiel touristique de la commune (restaurants, hôtels, activités de loisirs, magasins de souvenirs, etc...). Ce manque de diversité peut traduire une faible résilience économique du territoire en cas d'atteinte des indicateurs d'enjeux de production économique représentés par les surfaces agricoles, le bâti à vocation économique et les capacités d'hébergements touristiques. La cartographie de ces derniers montre, de plus, une segmentation spatiale claire de ces enjeux (figure 28). L'activité agricole est localisée au nord de la commune, et occupe des surfaces très importantes, tandis que l'activité tertiaire liée au tourisme est plutôt concentrée au village. Les bâtis à vocation économique sont plus dispersés sur le territoire, mais leur fonction diffère également spatialement. Ainsi les bâtis du village sont dédiés à de l'activité de commerce, tandis que les bâtis des zones agricoles ou non-urbanisées sont plutôt liées à l'activité agricole (silos, entrepôts, granges, etc.). Due aux grands espaces occupés par l'activité agricole et d'élevage, la surface occupée par les enjeux économiques est donc bien plus importante que pour les enjeux humains et structurels. La logique de répartition spatiale de ces mêmes enjeux est malgré tout conservée pour les enjeux économiques, à savoir une concentration des enjeux au village et au nord de celui-ci le long du Petit Rhône. Toutefois de nouvelles zones de fortes concentrations d'enjeux apparaissent, au nord de l'étang du Vaccarès et du hameau de Pioch Badet. L'indicateur de surface agricole possède une valeur moyenne élevée, ce qui s'explique par les grandes surfaces occupées, résultant donc quasi constamment en une intensité d'enjeux très forte lorsque cet indicateur est présent dans un carreau. La capacité d'hébergements touristiques est également fortement représentée, car, bien qu'étant un enjeu présent dans peu de carreau, il concentre bien souvent de fortes capacités d'hébergements.

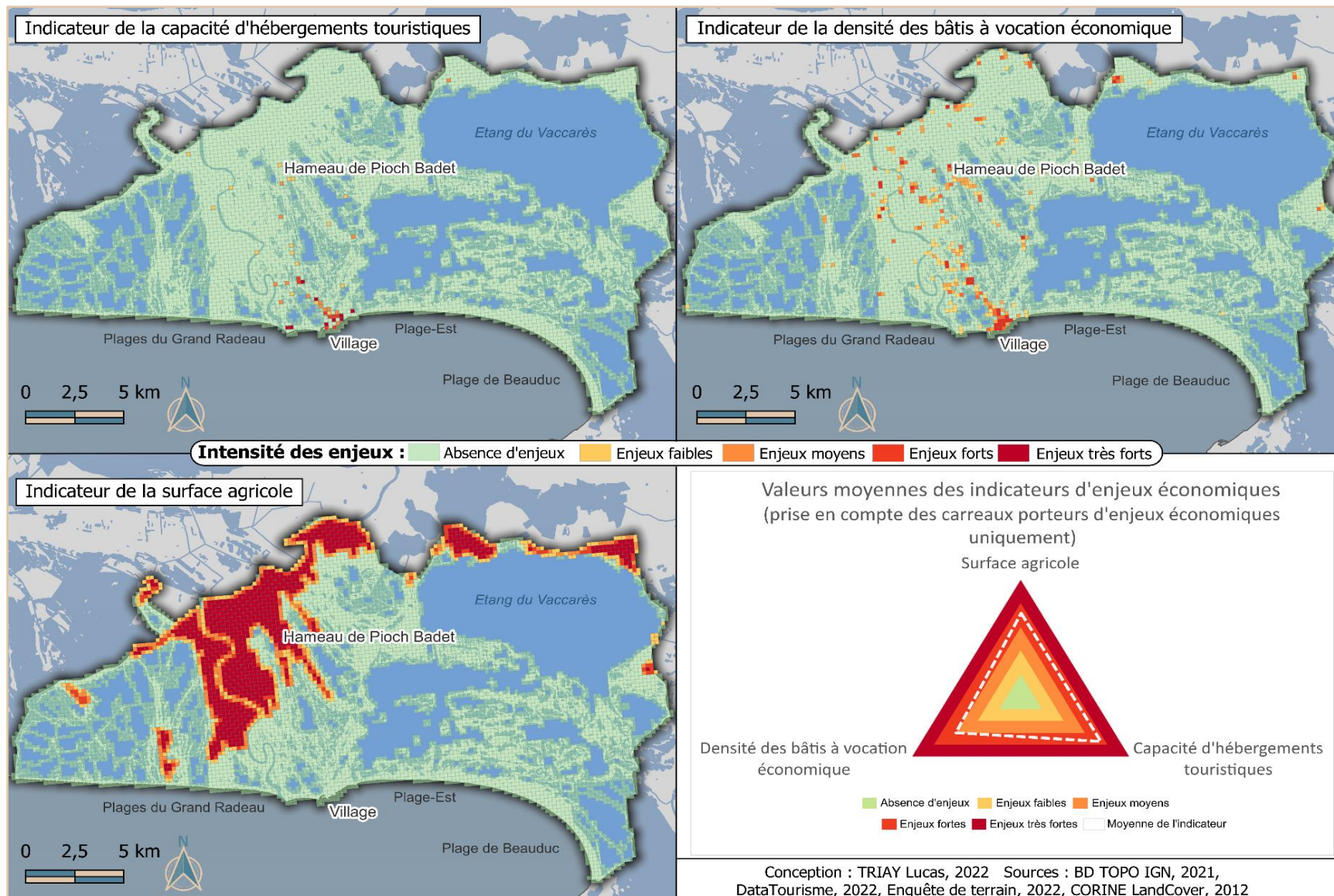


Figure 28 : Cartographie des indicateurs économiques et contribution à l'indice général moyen d'enjeu économiques, TRIAY Lucas, 2022

3.2.4. Une capacité de réponse organisationnelle centrée sur le village au détriment des populations dispersées

Sur le temps ponctuel de la survenue de l'aléa, la gestion de crise est un élément clé pour assurer la sauvegarde de la population et la limitation des dommages. Or celle-ci doit nécessairement s'appuyer sur des éléments structurels du territoire (ainsi que des plans communaux de sauvegarde qui seront traités dans la partie « gestion du risque »). Pour traduire les enjeux organisationnels liés à cette gestion de crise, les indicateurs d'accessibilité de la population (exprimée en distance des secours en minutes) et d'existence de bâtiments stratégiques sont utilisés, et cartographiés (figure 30). Puisque le centre de secours se trouve à l'entrée du village, ce dernier est donc entièrement accessible par les secours en moins de cinq minutes. Pour la population en dehors du village, en revanche, son accessibilité dépendra de la proximité au réseau routier principal de la commune (en l'occurrence une départementale). Cela explique pourquoi certains carreaux, pourtant relativement proche du centre de secours, soit classés comme enjeux forts, le temps maximum pour y accéder pouvant être influencé par le type de voie empruntée. La spatialisation de cet enjeu est donc intimement liée au réseau routier communal. De plus, l'accessibilité est ici exprimée en conditions dites normales, c'est-à-dire que toutes les routes sont accessibles. Or, cela ne sera pas forcément le cas en cas de survenue de l'aléa de référence à 1,5 m NGF. En considérant

que les zones d'aléa fort à très fort sont en mesure de rendre impropre à la circulation certaines routes, il est possible de conjecturer la perte d'accessibilité de la population depuis le centre de secours (figure 29). Une portion de la population (environ 200 personnes) ne serait ainsi plus accessible,

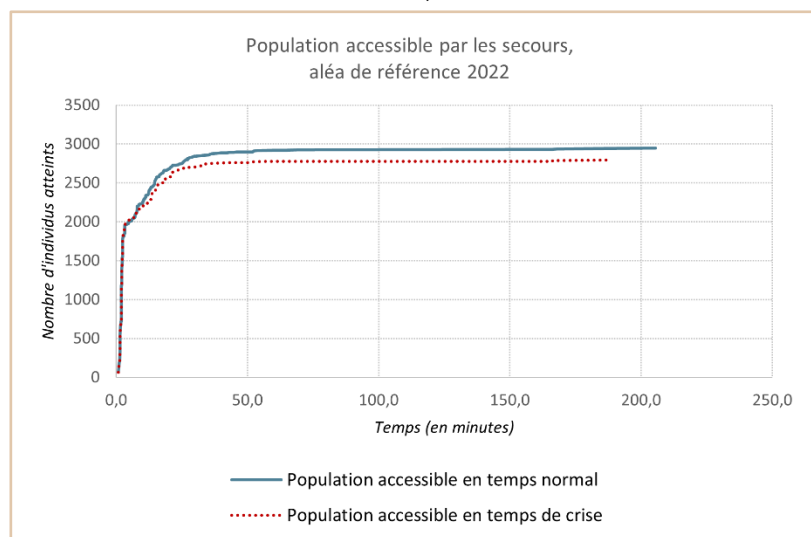


Figure 29 : Perte d'accessibilité depuis le centre de secours en cas d'aléa centennial en 2022, TRIAY Lucas, 2022

due à la coupure de certaines routes. Cette population hors village serait également défavorisée dans les opérations de logements d'urgences éventuellement mises en place par la municipalité, les bâtiments communaux permettant ces dernières étant tous situés dans le village, lequel ne serait alors plus accessible ou difficilement.

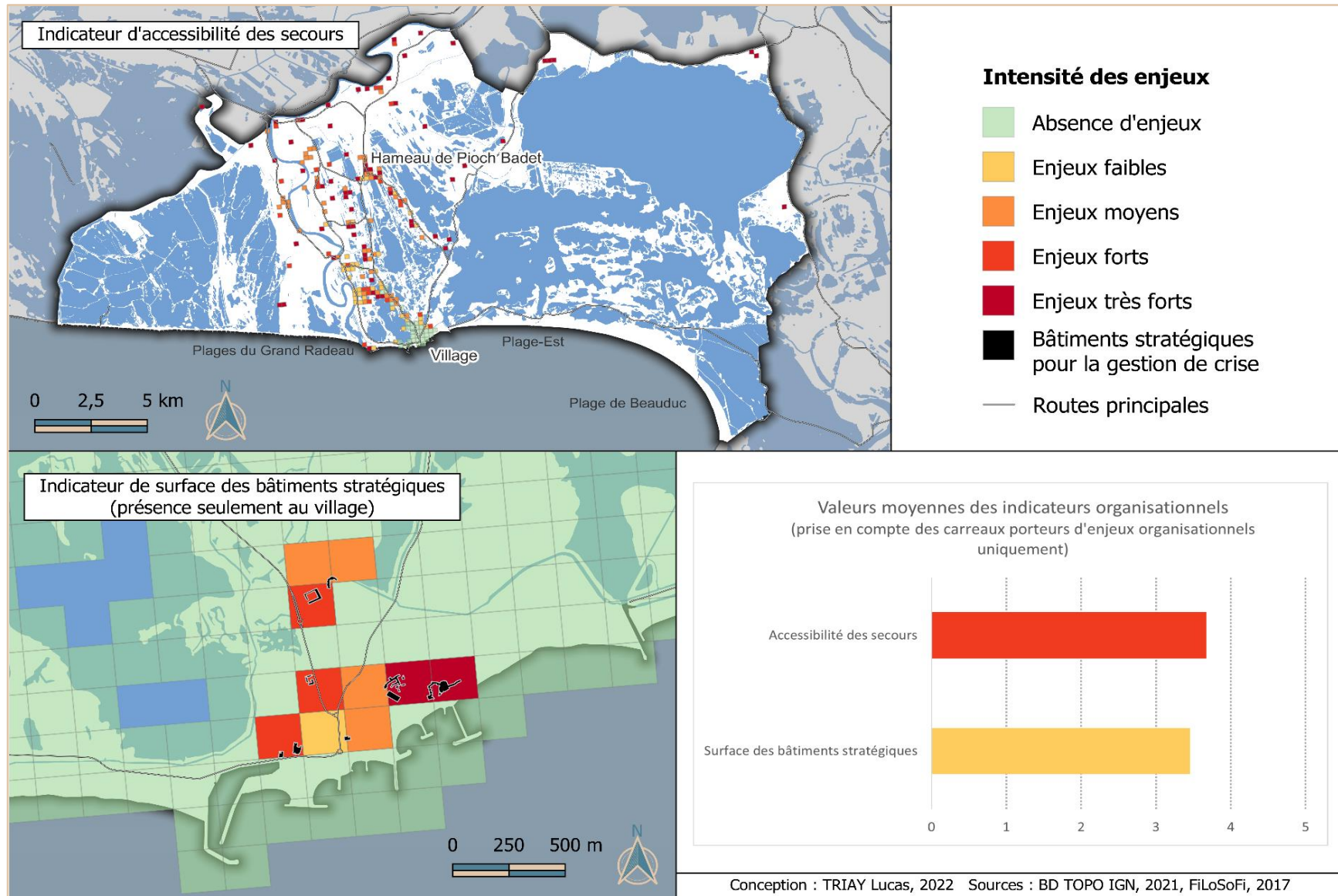


Figure 30 : Cartographie des indicateurs organisationnels et contribution à l'indice moyen général d'enjeux organisationnels, TRIAY Lucas, 2022

L'un des inconvénients de la présence de tous les bâtiments stratégiques dans le village, qui ne fait qu'environ 1,5 km², réside dans le potentiel de pertes simultanées de ces éléments cruciaux dans la bonne organisation de la gestion de crise. Outre le centre de secours et les services techniques situés à l'entrée du village, ces bâtiments sont en effet proches du rivage et pourraient donc être endommagés en cas de rupture d'ouvrage ou de franchissement par paquet de mer.

La synthèse de ces indicateurs d'enjeux, rassemblés en quatre indices généraux, permet finalement d'obtenir l'indice général d'enjeux et, à partir de cet indice d'enjeux de référence, de s'interroger sur l'évolution possible de celui-ci.

3.2.5. Synthèse des enjeux : un indice fort principalement dominé par les enjeux économiques

La réunification de tous les indices intermédiaires de la commune permet de faire ressortir un indice général d'enjeux fort dont la spatialisation correspond à celles observées pour les indices intermédiaires, à savoir une concentration dans le village, le long du Petit Rhône et sur le secteur nord de la commune (figure 31).

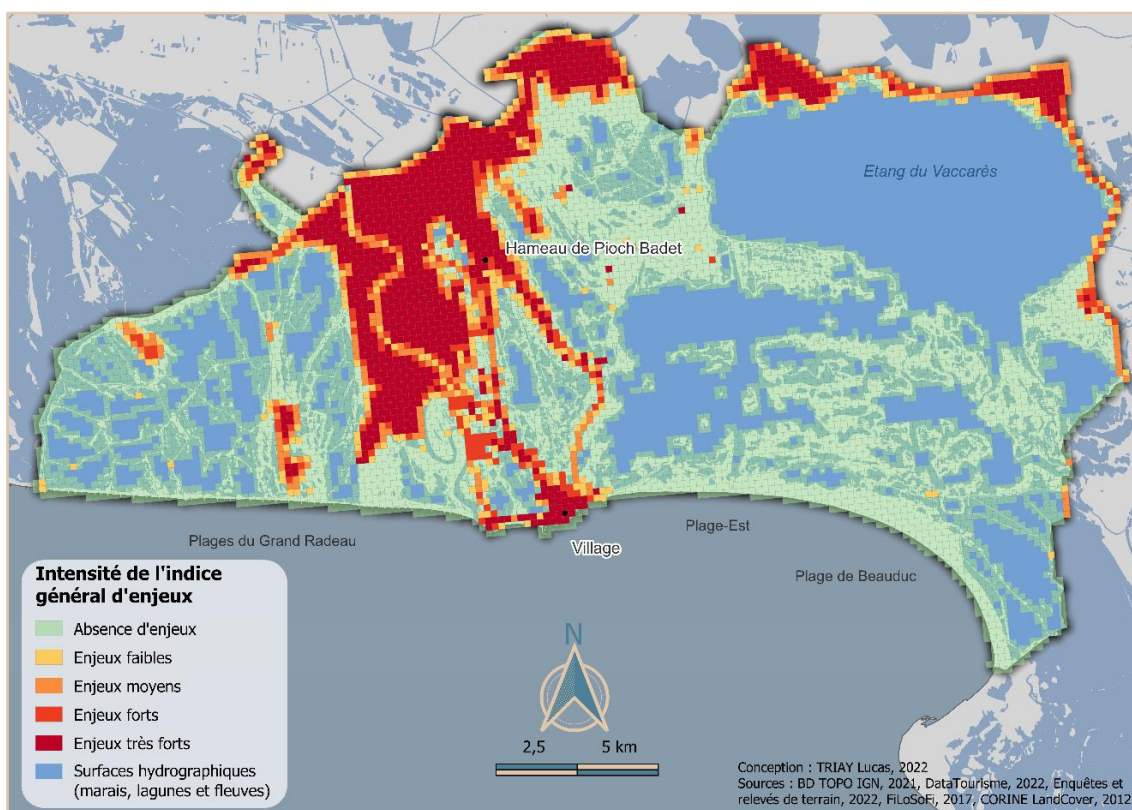


Figure 31 : Cartographie de l'indice général d'enjeux, TRIAY Lucas, 2022

L'analyse de la contribution des indices intermédiaires à l'indice général d'enjeux permet de déterminer lesquels de ces derniers favorisent le plus l'intensité d'enjeux présente dans un carreau (tableau 12).

Tableau 12 : Contribution des enjeux intermédiaires au niveau de l'indice général d'enjeux, TRIAY Lucas, 2022

	Enjeux faibles (373 carreaux)	Enjeux moyens (362 carreaux)	Enjeux forts (288 carreaux)	Enjeux très fort (987 carreaux)
Niveau d'enjeux favorisé par l'indice économique	60,3%	58,8%	53,8%	83,3%
Niveau d'enjeux favorisé par l'indice humain	0,0%	0,3%	6,9%	1,9%
Niveau d'enjeux favorisé par l'indice structurel	25,5%	29,0%	21,9%	2,8%
Niveau d'enjeux favorisé par l'indice organisationnel	0,0%	0,0%	0,3%	3,2%
Niveau d'enjeux favorisé par plusieurs indices	14,2%	11,9%	17,0%	8,7%

Clé de lecture : L'indice général d'enjeux est déterminé par l'indice intermédiaire maximum présent sur un carreau. Sur les 987 carreaux porteurs d'un indice général d'enjeux très fort (indice 5), 83,28 % le sont en raison d'un indice économique très fort (indice 5) et supérieur aux autres indices.

L'indice économique est fortement lié à la valeur de l'indice général d'enjeux, la valeur de ce dernier étant déterminée par l'indice économique dans plus de 50% des cas pour chaque classe d'enjeux. L'indice structurel est également relativement bien représenté (excepté pour les enjeux très forts), bien que dans une moindre mesure. Enfin, l'indice humain et organisationnel ne sont que rarement contributeurs à la valeur générale d'indice, ou bien le sont conjointement à d'autres indices. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils ne peuvent pas adopter de valeurs d'indices fortes, mais simplement qu'au sein des carreaux porteurs d'enjeux, ils sont supplantés par les indices économiques et structurels. Ces observations permettent d'affirmer que les indices économiques et structurels sont les plus gros contributeurs à l'indice général d'enjeux sur la commune. Bien que ces informations soient intéressantes, la présence d'enjeux n'est pas, en soit, un indicateur de vulnérabilité. Si un secteur de la commune est porteur de forts enjeux mais n'est pas ou peu touché par l'aléa, le risque encouru par ce secteur sera donc faible voire nul. Il est donc nécessaire de croiser cet indice général d'enjeux avec l'indice général d'aléa pour obtenir un indice de risque, et tenter de comprendre quels enjeux le favorisent le plus.

3.3. ALÉA ET ENJEUX : SPATIALISATION DU RISQUE ET CONTRIBUTION DES COMPOSANTES

Comprendre et déterminer les aléas et les enjeux ne sont que des étapes intermédiaires pour atteindre l'information la plus importante dans la gestion des risques. C'est en effet selon la spatialisation et l'intensité du risque littoral que les actions des gestionnaires seront définies, d'où l'importance de le cartographier, afin d'accompagner la prise de décision. C'est également dans ce cadre qu'il convient d'identifier qui, de l'aléa ou l'enjeu, contribue le plus fortement au niveau de risque.

3.3.1. Un risque selon l'axe village-Petit-Rhône

Si environ 89 % du territoire était soumis à un aléa allant de faible à fort, seulement 24 % de celui-ci est soumis à un risque, quel que soit son niveau d'intensité. Cela s'explique notamment par la grande portion de la commune ne comptant aucun enjeu qui, malgré la présence éventuelle d'un aléa, ne crée donc pas de risques. Le contour géographique de la zone à risque reprend donc le contour de la zone porteuse d'enjeux (figure 32).

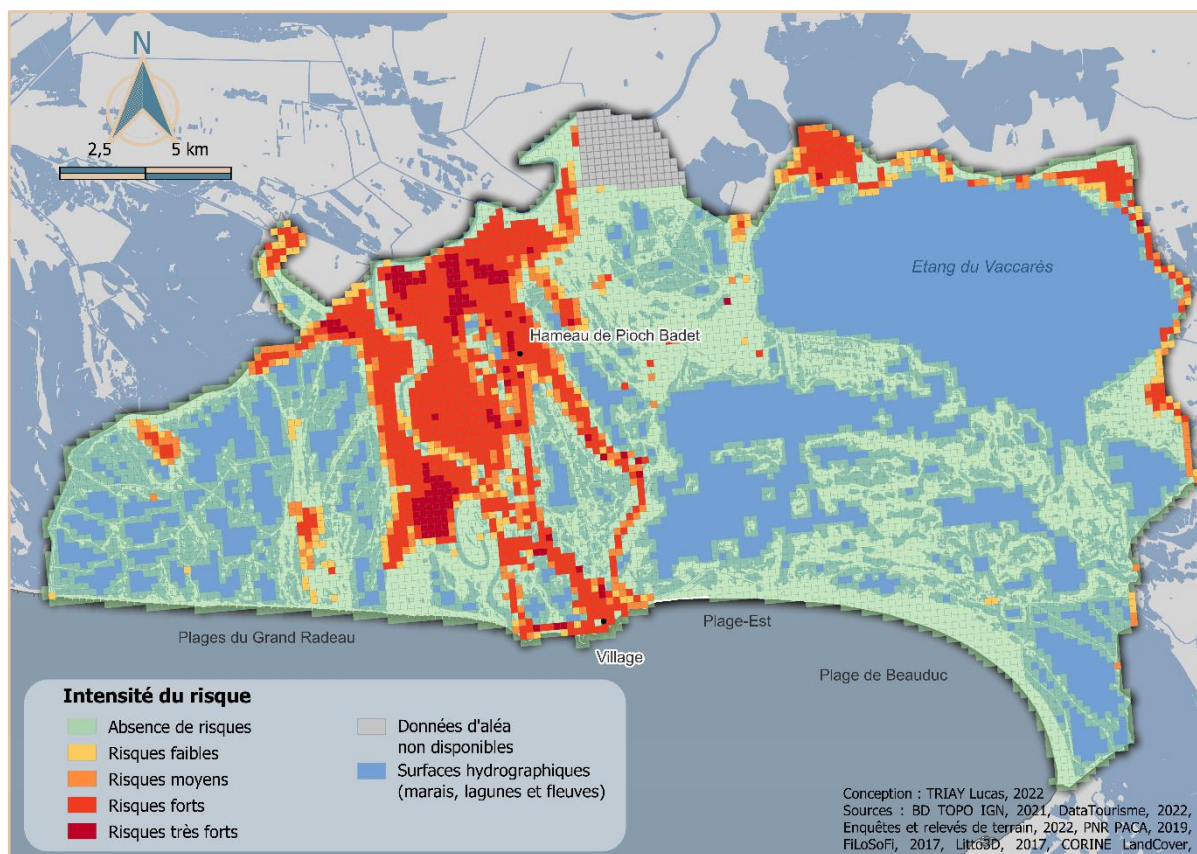


Figure 32 : Cartographie de l'indice de risque, TRIAY Lucas, 2022

La logique de répartition spatiale est donc conservée selon l'axe village-Petit Rhône, sur lequel se situe la majorité des carreaux porteurs de risques, ainsi qu'au nord de l'Etang du Vaccarès. Les zones d'habitations, à savoir le village, les habitats dispersés au nord de celui-ci et le secteur du hameau de Pioch Badet se trouvent toutes en zones de risques forts, lesquelles concernent 58,5 % des carreaux porteurs de risques, tandis que les quelques zones de risques très forts (8,54 % du territoire à risque) concernent plutôt les surfaces agricoles. Si seuls les carreaux porteurs de risque sont considérés, l'indice général moyen de risque pour la commune tend vers un risque fort, lequel est plutôt favorisé par la présence d'enjeux.

3.3.2. Aléa ou enjeux : quelle contribution à la production du risque ?

La contribution des composantes aléa et enjeux dans la production du risque est une donnée intéressante car elle permet d'orienter la réponse des gestionnaires du territoire. Sur une zone de risque fort favorisée plutôt par les enjeux, des actions sur ceux-ci pourront être envisagées en priorité afin de faire diminuer le risque, tandis que si elle est favorisée par l'aléa, il pourrait être plus intéressant de se prémunir contre celui-ci ou envisager une politique de recul stratégique.

Tableau 13 : Contribution de l'aléa et des enjeux au niveau de l'indice général de risque, TRIAY Lucas, 2022

	Absence de risque (4856 carreaux)	Risque faible (232 carreaux)	Risque moyen (308 carreaux)	Risque fort (960 carreaux)	Risque très fort (140 carreaux)
Indice d'aléa plus important que l'indice d'enjeux	5,1%	65,1%	34,1%	7,2%	3,6%
Indice d'enjeux plus important que l'indice d'aléa	88,5%	25,4%	13,0%	88,8%	90,7%
Contribution égale de l'aléa et des enjeux au niveau de risque	6,4%	9,5%	52,9%	4,1%	5,7%

Clé de lecture : L'indice de risque est déterminé selon la matrice présentée en partie 2.3.1., page 31. Sur les 960 carreaux porteurs d'un risque fort, 88,8 % de ceux-ci le sont en raison d'un indice d'enjeux (indice 5 ou 4) supérieur à l'indice d'aléa (indice 2 ou 3).

Plusieurs informations sont à retirer du tableau ci-dessus : lorsque le risque est fort ou très fort il l'est quasi tout le temps en raison d'un indice d'enjeux supérieur à l'indice d'aléa. A l'inverse un niveau de risque faible semble plutôt favorisé par un aléa (indice 3) plus fort que l'indice d'enjeux (indice 2). Les zones de risque moyens sont plus équilibrées entre elles, un peu plus de la moitié de celle-ci présentant un indice d'enjeux (indice 3) égal à l'indice d'aléa (indice 3 également). Plus littéralement, la présence de risque faible est plutôt liée à un aléa moyen touchant des enjeux faibles, ce phénomène étant plutôt observé aux marges de la zone à risque. D'autre part, les zones de risques forts à très forts sont plus majoritairement dues à des enjeux forts à très forts entrant en contact avec des zones d'aléa moyen à fort (voire même faible dans le cas d'enjeux très forts corrélés à un aléa faible, engendrant un risque fort). Ces zones de risques forts où l'enjeu est plus important que l'aléa concernent le village, le hameau et les surfaces agricoles. Enfin, la présence, ou plutôt la non-présence, d'enjeux est également le facteur d'explication principal de l'absence de risques, et ce quel que soit le niveau de l'aléa. Il est donc possible d'affirmer, afin de conclure cette analyse du risque, que les enjeux sont les contributeurs majoritaires de la production du risque, loin devant les aléas. L'intensité du risque n'exprime toutefois pas encore la vulnérabilité, car la gestion du risque existante sur une commune peut grandement contribuer à diminuer les dommages potentiels liés au risque.

3.4. QUELLE GESTION DU RISQUE PAR LES ACTEURS DU TERRITOIRE ?

Si, selon le schéma de la vulnérabilité systémique, la présence d'aléa et d'enjeux est un prérequis à la présence d'une vulnérabilité sur le territoire, la composante gestion occupe également une place importante en cela qu'elle peut réduire cette dernière en atténuant l'aléa ou en limitant les dommages sur les enjeux. Dans le cas des Saintes-Maries-de-la-Mer, les acteurs intervenant dans la gestion des risques sont multiples, ce qui peut entraîner conflits et inertie dans la mise en place de mesures de gestion.

3.4.1. Une multiplication d'acteurs pour une multiplication de l'efficacité ?

Les entretiens menés et les recherches complémentaires permettent de dresser un organigramme des programmes et mesures réglementaires mis en place sur la commune, et des acteurs les pilotant (figure 33).

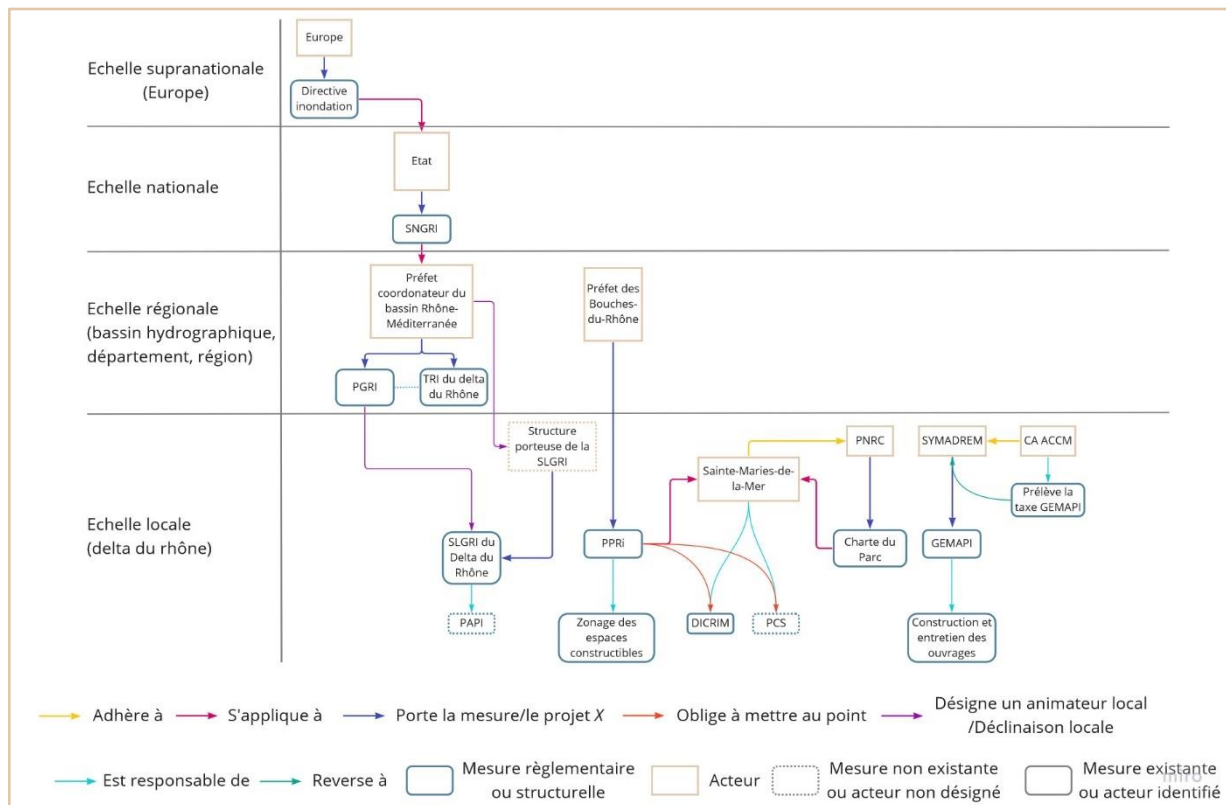


Figure 33 : Organigramme des acteurs et mesures réglementaires mises en place sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022

Un système top down est clairement identifiable dans les mesures réglementaires existantes aux Saintes-Maries-de-la-Mer. La municipalité est ainsi dans une position d'exécutante, devant répondre aux obligations du PPRI, n'ayant pas la main sur la gestion d'ouvrages (transféré au SYMADREM, porteur de la GEMAPI), et dont les trajectoires d'aménagements doivent répondre aux exigences de la charte du PNRC. Ce système de gouvernance s'avère, de plus, relativement lent. Depuis décembre 2016,

date à laquelle la SLGRI a été actée par le préfet coordonnateur de bassin Rhône Méditerranée, aucune structure locale porteuse de la SLGRI n'a été désignée. En conséquence le projet de PAPI devant cadrer les actions permettant d'atteindre les objectifs de la SLGRI n'est toujours pas effectif. Ces déclinaisons locales successives de stratégie et programmes européens et nationaux, et cette tendance à la délégation des compétences, ne sont d'ailleurs pas sans créer des frustrations du côté des acteurs à l'échelle locale. La chargée de mission « vulnérabilité inondation » de la CA ACCM déplore ainsi une multiplication des acteurs créant de l'ambiguïté dans les rôles de chacun et des conflits dans les volontés d'action, notamment des visions divergentes concernant la gestion du trait de côte. Porteuse depuis 2018 de la compétence GEMAPI, celle-ci a été transférée en 2020 de la CA ACCM au SYMADREM. Ils ont ainsi perdu la main sur l'ingénierie liée à l'atténuation de l'aléa, et aucune collaboration technique directe n'existe entre la CA ACCM et le SYMADREM. Elle n'est pas non plus impliquée activement dans la SLGRI delta du Rhône et devrait voir le seul programme de gestion des risques qu'elle pilote disparaître d'ici peu. L'EPCI ne devrait donc plus être impliqué dans la gestion des risques, la création du PIS n'étant pas en réflexion. Même frustration du côté de la Maire des Saintes-Maries-de-la-Mer, qui souhaiterait un entretien plus efficace des enrochements et s'inquiète de l'état de vétusté des pertuis (système de contrôle des échanges hydrauliques entre les étangs et la mer), mais doit s'en remettre au planning d'action du SYMADREM, dont le champ d'action s'étend à plus de 20 communes. La municipalité exprime ainsi une problématique de champ d'action réduit dans la gestion des risques sur son territoire, et un sentiment de « seul contre tous » est ressorti durant l'entretien. Pour autant, les obligations que se doit de mettre en œuvre la mairie dans la gestion des risques ne sont pas remplies. Depuis l'approbation du PPRi par le préfet en 2017, le document d'information communal sur les risques majeurs n'a toujours pas été mis à jour. Celui-ci date pourtant de 1997 et est uniquement accessible en mairie. Les nouvelles connaissances concernant l'érosion et la submersion marine sur le territoire communal n'ont donc pas été transmises à la population et les nouveaux arrivants ne peuvent pas accéder aux informations sur le site de la mairie. L'existence ou non du PCS, devant obligatoirement être mis au point dans les deux ans suivant l'approbation du PPRi, est étrangement plus floue. La CA ACCM indique en effet qu'il existe depuis environ 1 an, tandis que la base de données GASPARE ne le recense pas, et que la maire ne semble pas connaître son existence, tout comme le centre de secours de la commune. Bien que la délégation de compétences et l'imbrication d'acteurs dans la gestion du risque puissent permettre une efficacité accrue grâce à la spécialisation

potentielle desdits acteurs dans les compétences allouées, il semblerait que ce système crée plutôt des résultats mitigés sur le territoire des Saintes-Maries-de-la-Mer et du delta du Rhône en général.

3.4.2. Contribution des mesures à la gestion du risque littoral et prédominance de la vision « fixiste »

La représentation des indicateurs de la gestion des risques permet d’observer une séparation nette entre l’efficacité des mesures de gestion portées par les structures décentralisées de l’Etat et le SYMADREM et celles dont la mise en place revient à la commune (figure 34).

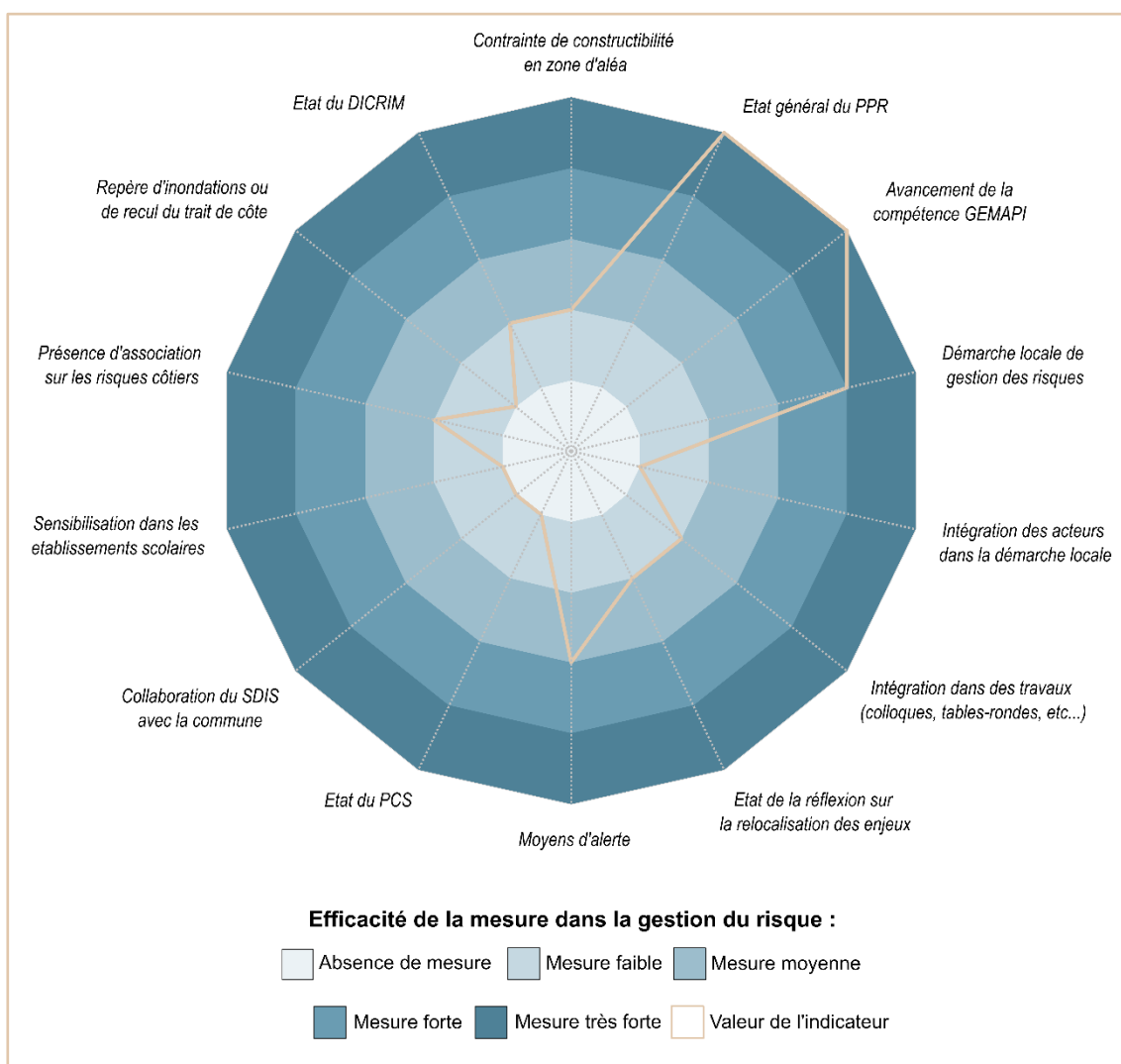


Figure 34 : Valeurs des indicateurs de la composante gestion, TRIAY Lucas, 2022

Le graphique peut se séparer en deux avec, sur la moitié gauche, les mesures liées à la maîtrise de l’urbanisation (à travers le PPRi) et à la stratégie locale, relevant donc plutôt des services décentralisés de l’Etat ou du SYMADREM, et sur la moitié droite, les

mesures de gestion de crise et de sensibilisation, mises en place par la commune. Les mesures portées par les services de l'Etat présentent les plus fortes valeurs d'efficacité mais comportent toutefois des contradictions dans les mesures existantes. De fait, le PPRi est récent, annexé au PLU, et les prescriptions sont suivies, ce qui présente une efficacité potentielle de maîtrise de l'urbanisation, mais les contraintes de constructibilité ne sont pas adaptées aux évolutions futures de l'aléa. Il est par exemple possible de construire de nouveaux logements collectifs ou individuels dans le village, classé en zone bleue, malgré le fait que celui-ci devrait être soumis à une intensité d'aléa moyenne dès 2050. De même, les démarches de créations et de définition de la SLGRI pour le delta du Rhône sont complétées, mais aucune structure locale porteuse de la stratégie n'est identifiée, laissant l'Etat seul animateur de celle-ci. De plus, les objectifs de la SLGRI ne font état à aucun moment d'une réflexion de recul stratégique. Cette mesure n'est toutefois pas complètement ignorée, la maire témoignant de propositions de plans de reculs lui ayant été soumises, auxquels elle est complètement opposée. Les volontés d'agir sont donc présentes mais semble avoir du mal à vraiment se concrétiser ou prendre en compte l'évolutivité de l'aléa. La principale réussite se retrouve plutôt dans la compétence GEMAPI, porté par le SYMADREM, un acteur local, donc, qui est considéré comme très efficace car la taxe est mise en place, prélevée et finance les travaux de protections contre les inondations et submersions marines. Pour la commune, en charge de la gestion de crise et de la sensibilisation, le bilan est moins positif. En cas de crise, aucun document ne prévoit de plans d'action, le PCS n'existant pas sur la commune, ce qui n'encadre pas, en conséquence, l'action de la mairie avec celle des services de secours. Le volet sensibilisation est également peu fourni. Le DICRIM est vieux et peu accessible, aucune action de sensibilisation particulière n'est réalisée, et les quelques marqueurs visuels d'une possibilité de submersion marine se trouve sur des panneaux, du SYMADREM sur les épis, et de la commune à la sortie est du village, au niveau de la digue à la mer (photographie 4).



Photographie 4 : Panneau d'information de risque de submersion marine à l'entrée de la digue à la mer, à l'est du village, auteur : TRIAY Lucas, 2022

Aucun marqueur officiel, et identifié comme tel, concernant l'érosion n'est recensée, de même pour des marqueurs d'inondation ou de submersion, ce qui ne favorise pas une mémoire du risque. Les volontés d'action de la municipalité concernant le risque littoral semblent également bien plus tournées vers l'érosion que la submersion. A ce titre, les tentatives de fixation du trait de côte par des ouvrages lourds sont perçus comme les seules solutions efficaces, et ces derniers, comme la digue frontale du village, participent à un faux sentiment de sécurité, la maire déclarant notamment qu'il « n'y a pas de submersions aux Saintes-Maries-de-la-Mer ». Les prévisions d'élévations relatives du niveau marin ne sont pas plus prises au sérieux, arguant que « cela fait 20 ans qu'on nous dit qu'on va finir sous l'eau, on ne l'est toujours pas », et se disant plus inquiète pour les problématiques d'assèchement et de salinisation des sols.

En considérant que cette faible efficacité des mesures de gestion du risque peut favoriser une plus grande vulnérabilité, il est possible d'obtenir une cartographie de la vulnérabilité que l'on pourrait qualifier d'institutionnelle car liée aux actions mises en place par les gestionnaires du territoire.

3.4.3. Risque et gestion : quelle vulnérabilité institutionnelle ?

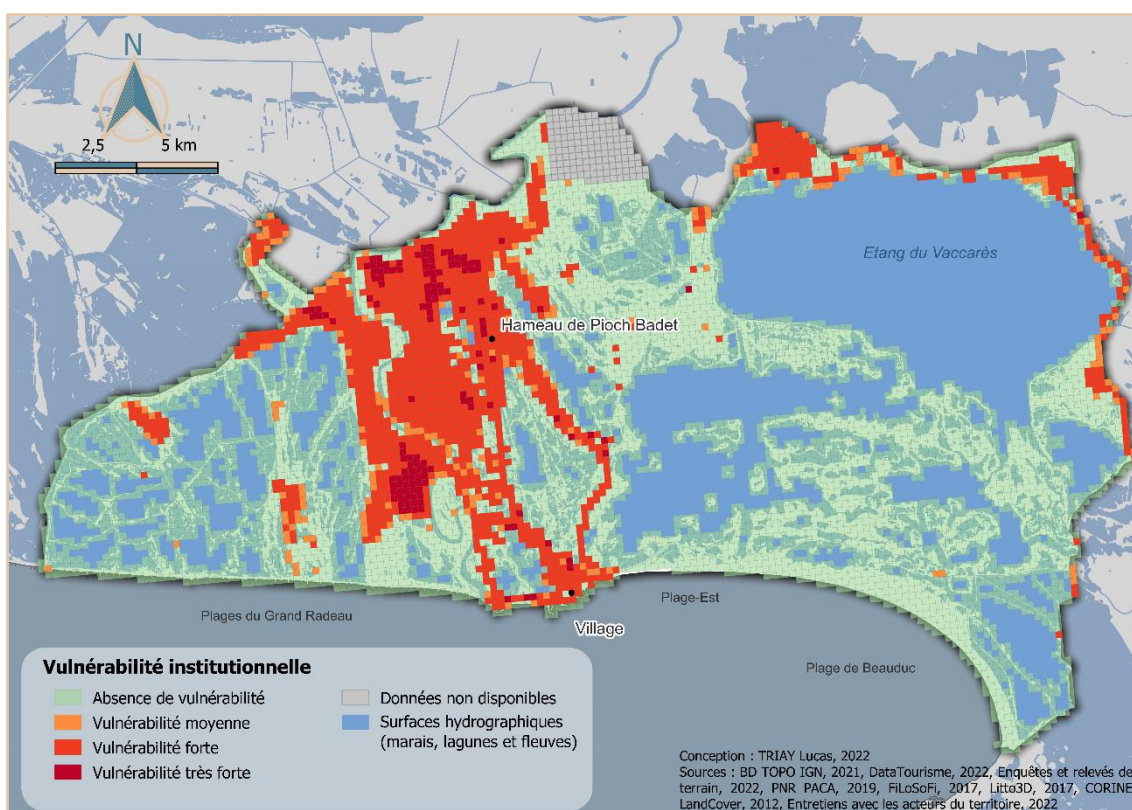


Figure 35 : Cartographie de l'indice de vulnérabilité institutionnelle, TRIAY Lucas, 2022

Sur la commune, la faible efficacité des mesures de gestion du risque favorise des vulnérabilités moyennes à fortes (figure 35).

Les carreaux à la marge de la zone porteuse de risque et de vulnérabilité, qui présentaient un risque faible, héritent d'une vulnérabilité institutionnelle moyenne tandis que les zones de risques moyens résultent en des zones de vulnérabilités fortes. Les carreaux de risques forts à très forts produisent respectivement une vulnérabilité forte à très forte, les mesures de gestion n'étant pas suffisante pour favoriser une réduction du risque et donc *in fine* de la vulnérabilité. Le territoire concerné par le risque est donc soumis à une vulnérabilité moyenne pour 14,1 % de celui-ci, une vulnérabilité forte pour 77,3 % et une vulnérabilité très forte à l'extension plus modérée, qui concerne 8,5 % du territoire.

Cette vulnérabilité institutionnelle peut cependant encore être contre balancée par les représentations du risque par la population, qui peuvent favoriser une réduction de la vulnérabilité ou, au contraire, l'augmenter.

3.5. REPRÉSENTATIONS DU RISQUE : ENTRE DÉSINTÉRÊT, INACTION ET CONTRADICTION

La représentation des risques par la population d'un territoire est une donnée primordiale dans un diagnostic de vulnérabilité, en cela qu'elle peut autant favoriser une réduction qu'une augmentation de cette dernière. Une grande confiance dans les ouvrages de protection pourrait par exemple avoir un effet pervers de sentiment de fausse sécurité qui n'encouragerait pas la mise en place de mesures de protection. Dans le cas des Saintes-Maries-de-la-Mer, c'est surtout une impression de désintérêt de la population pour les questions d'exposition au risque littoral qui a émergé.

3.5.1. Une population globalement désintéressée par la question

Lors de la phase de réalisation du questionnaire en face-à-face direct, dans la rue, les refus étaient prédominants. Sur 118 personnes approchées de cette façon, seulement 34 ont accepté de participer, soit un taux de retour de seulement 28,8 %. Les raisons invoquées dans les cas de refus étaient, pour 47 %, liées à un manque de temps ou d'envie de participer, mais dans 53 % des cas, la raison donnée avait trait à un désintérêt des risques littoraux exprimés comme tel (ce n'était donc pas un désintérêt pour l'enquête mais un désintérêt pour le risque en lui-même), les individus expliquant alors qu'il « n'y a pas de risque aux Saintes-Maries-de-la-Mer puisqu'il y a la digue frontale » ou encore que « avec les épis, il n'y a pas d'érosion, il y a même des plages qui ont été créés ». Cette présence d'ouvrages lourds, qui protégeraient donc, selon ces personnes, le littoral de l'érosion et le village de la submersion, était toujours avancée comme faisant de la question du risque un non-sujet. On retrouve donc ici le sentiment de fausse sécurité créé par la présence d'ouvrages, évoqué quelques lignes auparavant. Ces personnes étaient également souvent des adultes entre 20 et 50 ans, n'ayant pas

nécessairement vécu d'évènements marquants de submersion, ce qui pourrait également expliquer le désintérêt. Le recours aux associations a permis un plus grand nombre de retours, à raison de 49 questionnaires renseignés pour 74 distribuées, soit un taux de retour, cette fois, de 66,2 %. Cet écart peut s'expliquer par le type d'associations ayant accepté la rencontre, à savoir des associations culturelles de danse et de langue provençale, l'association des anciens combattants et une association destinée à l'animation pour les seniors. Ces associations rassemblaient en majorité des personnes âgées, bien souvent plus réceptives à la question de l'érosion ou de la submersion car en ayant été témoins ou ayant été impactés directement (d'autant que la majeure partie était issue d'une famille camarguaise et avait résidé aux Saintes-Maries-de-la-Mer toute ou la majorité de leur vie). En conséquence, l'échantillon des individus ayant répondu au questionnaire est peu représentatif de la structure de la population de la commune, celui-ci comptant 18 % de 40-60 ans, 36 % de 60-70 ans et 46 % de plus de 70 ans, pour 67 % de femmes et 33 % d'hommes. En recoupant cet échantillon avec l'âge qu'avaient les individus ayant refusé de répondre car « il n'y a pas de risque », une hypothèse selon laquelle la population la plus jeune se désintéresse et ne possède pas de conscience du risque développée peut être avancée. Cela s'avère d'autant plus dommageable que c'est cette même population qui sera impactée dans les décennies à venir par les évolutions d'intensité de l'aléa littoral. A contrario, l'échantillon d'individus ayant accepté de répondre se disent inquiets du risque inondation mais également de la « montée des eaux ».

3.5.2. Une conscience du risque existante mais une inaction face au risque littoral

Parmi l'échantillon, une conscience du risque considérée comme moyenne à forte ressort de l'analyse des réponses (figure 36). Ceci semble notamment dû à une expérience indirecte du risque (témoin ou proches touchés) et une perception de l'exposition au risque considérée comme forte. De plus, concernant l'inquiétude ressentie face à l'élévation du niveau de la mer et l'érosion, 45 % se disent moyennement inquiet, 27 % fortement

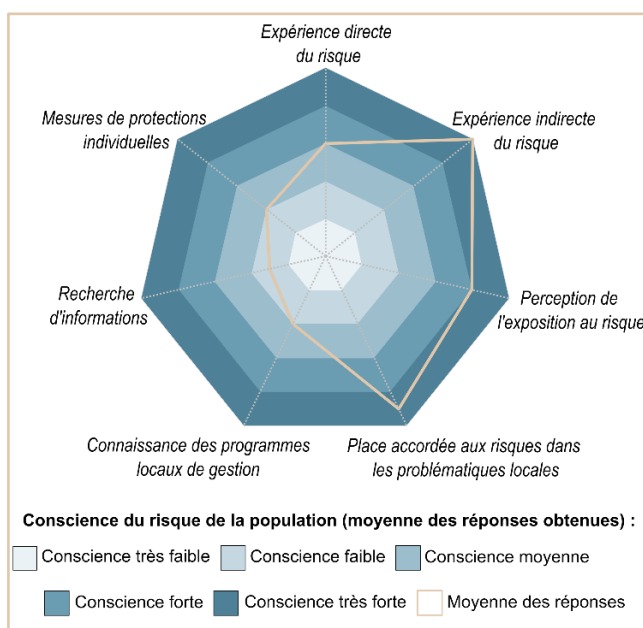


Figure 36 : Moyenne des réponses concernant la conscience du risque, TRIAY Lucas, 2022

inquiets et 9 % très fortement inquiets. Sont évoquées, concernant ces niveaux d'inquiétude, une « avancée perceptible de la mer », une « disparition rapide des plages par endroits » ou encore une « peur de perdre son patrimoine familial ». Les moins inquiets (18 %) évoquent plutôt des « annonces alarmistes mais peu d'évolution » ou encore des « évolutions qui peuvent changer avec le temps ». Pour autant, ce vécu du risque et ces inquiétudes ne favorise pas nécessairement d'actions de la part des individus. Plus de 36 % n'ont ainsi entrepris aucune mesure particulière de protection de leur logement contre les submersions tandis que seulement 9 % ont effectué des aménagements de leurs circuits d'eau et d'électricité (afin de les mettre hors d'eau), 18 % ont mis en place des aménagements de protections légers et 18 % des aménagements nécessitant des travaux importants (création d'une pièce refuge par exemple). En croisant la question relative aux protections mises en place avec celle concernant la confiance dans les ouvrages de protection, il apparaît que ceux n'ayant réalisé aucun aménagement sont en majorité représentés par les individus considérant les ouvrages comme « efficace » et « plutôt efficace ».

3.5.3. Une confiance accordée au niveau local

En moyenne, la population interrogée n'accorde toutefois qu'une confiance moyenne aux ouvrages de protections (figure 37). Dans la majeure partie des cas, elle n'explique pas cette confiance mitigée par une perception de non-efficacité intrinsèque des enrochements ou autres digues, mais plutôt par un trop faible nombre de ceux-ci, en regrettant par exemple qu'ils ne soient « pas assez hauts » ou « pas assez entretenus ». La

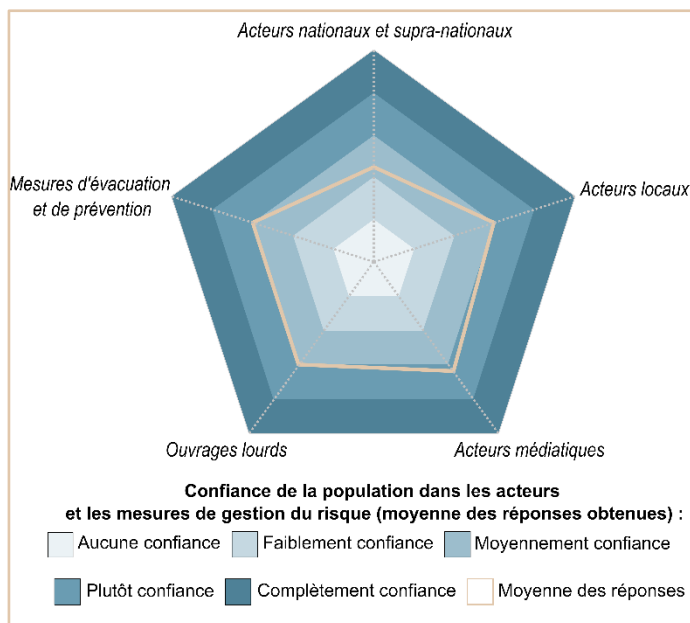


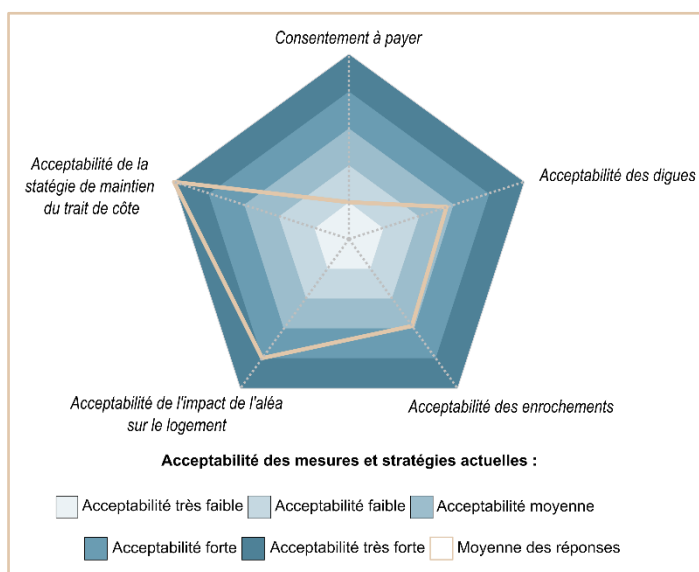
Figure 37 : Moyenne des réponses concernant la confiance dans les acteurs et les mesures de protection, TRIAY Lucas, 2022

confiance dans la mitigation du risque est également plutôt accordée aux acteurs locaux, la mairie en particulier, plutôt qu'à l'Etat ou l'Europe. Plusieurs répondants ayant par exemple spécifiés leur sentiment que le PNRC ou l'Etat ne les aidaient pas, laissant la mairie se débrouiller seul. Finalement, les acteurs bénéficiant de plus haut niveau de

confiance moyen sont les acteurs médiatiques impliqués dans la communication et l'information liée au risque, tels que les fondations, associations, scientifiques, etc. Il est ainsi possible d'imaginer une réception assez favorable d'éventuels informations ou actions de sensibilisation si celle-ci sont organisées par des acteurs relevant de structures indépendantes, plutôt que par des acteurs politiques.

3.5.4. Un désir de rester et une ouverture à d'autres méthodes de maintien du trait de côte

La première information à retirer de l'évaluation de l'acceptabilité des mesures actuelles (figure 38) réside dans la volonté unanime de maintenir le trait de côte, l'idée de recul stratégique étant très faiblement envisagée comme une stratégie possible (seulement 5 % des répondants). Les forts sentiments négatifs liés à une éventuelle perte de marqueurs culturels (arène, église...), qualifiant cette possibilité de « catastrophique », pourraient expliquer ce refus quasi catégorique de recul stratégique. D'autant plus que



la totalité des répondants qualifient leur attachement affectif aux Saintes-Maries-de-la-Mer de fort à très fort. Dans ce cadre, la population semble également prête à accepter l'intensité croissante de l'aléa et les impacts plus fréquents que cela pourrait avoir sur leur logement, 64 % se disant prêts à rester malgré ces-dits impacts. Pour autant, les digues et enrochements ne sont pas nécessairement plébiscités lorsque présentés aux côtés d'autres solutions plus douces et/ou moins coûteuses de maintien du trait de côte. La création de cordons dunaires ou encore la mise en place de récifs artificiels dissipant l'énergie des vagues sont ainsi bien souvent en bonne place dans le classement proposé dans le questionnaire. Toutefois, et bien que l'échantillon soit favorable au maintien du trait de côte, la majorité est contre le paiement de la taxe GEMAPI, estimant que le coût d'entretien et de construction des ouvrages doivent revenir à la région, le département, le PNRC et l'Etat, et ce, bien qu'ils ne leur fassent que faiblement à moyennement confiance dans la gestion du risque.

Pour résumer simplement, la population interrogée est grandement favorable à une stratégie de maintien du trait de côte et à des méthodes autres que des enrochements pour ce faire, tant qu'ils n'ont pas à payer de taxes supplémentaires.

3.5.5. Effets de structure et contribution des représentations à la vulnérabilité

Deux effets de structures principaux ressortent de ce questionnaire. Tout d'abord, les individus plus âgés semblent se sentir plus concernés par la question du risque littoral que les plus jeunes, ce qui se remarque à travers l'échantillon de population ayant répondu contre ceux ayant refusé. Secondement, la population issue d'une famille camarguaise est la plus encline à rester dans la commune quel que soit les impacts potentiels de l'aléa. Parmi les 34 % se disant prêt à déménager si les submersions deviennent plus fréquentes, 71 % sont des primo-arrivant sur la commune (non issue d'une famille camarguaise donc) et 83 % y résident depuis moins de 10 ans. En dehors de ces deux cas, l'histoire familiale avec la commune où le temps de résidence ne semble pas affecter les autres indicateurs, bien qu'il paraisse être des facteurs d'explications d'une conscience du risque accrue pour l'échantillon interrogé. Il est également possible d'affirmer que les représentations du risque de la population des Saintes-Maries-de-la-Mer sont également vectrices d'une augmentation de la vulnérabilité. Le manque relatif de confiance dans les acteurs de la gestion du risque, le désir de rester malgré l'évolution de l'aléa, le refus de payer pour des programmes de gestion des risques ou encore le manque de mise en place de mesure de protection individuelle y participent activement. Ces représentations génératrices de vulnérabilité peuvent s'expliquer selon différentes hypothèses : la vue de la mer et des plages est bouchée par la digue frontale lorsque l'on est dans le village, les plages les plus érodées se situent à l'extérieur de celui-ci tandis que les plages au front du village ont connu pour certaines une accrétion, le dernier évènement de submersion marine majeur date de 1985 et n'a fait « qu'une » victime, la culture et la mémoire du risque ne sont pas encouragées... Ces éléments pourraient favoriser un sentiment de sécurité et finalement renforcer les contradictions d'une population qui se dit consciente et inquiète du risque littoral et des évolutions qu'il pourrait connaître, mais ne cherche pas nécessairement à s'en prémunir.

Cette analyse des représentations du risque vient clôturer le diagnostic de vulnérabilité systémique des Saintes-Maries-de-la-Mer en 2022, offrant ainsi une vision assez complète des leviers de la vulnérabilité du territoire et fournissant une situation de référence à partir de laquelle une conjoncture de la vulnérabilité future possible sera réalisée.

3.6. TRAJECTOIRE PROSPECTIVE DE LA VULNÉRABILITÉ SYSTÉMIQUE : QUEL AVENIR POUR LE RISQUE LITTORAL AUX SAINTES-MARIES-DE-LA-MER ?

En 2022, selon les vitesses d'érosion moyennes observées entre 1996 et 2022, l'aléa de submersion de référence estimé à 1,5 m NGF, les enjeux, l'état de la gestion et des représentations, la vulnérabilité systémique des Saintes-Maries-de-la-Mer peut être considérée comme forte. Les enjeux et la gestion sont ainsi les principaux moteurs de cette vulnérabilité (figure 39). Mais en se basant sur les tendances existantes concernant certains enjeux ou l'évolution de l'aléa littoral, une tendance de trajectoire de la vulnérabilité se dessine pour les décennies à venir.

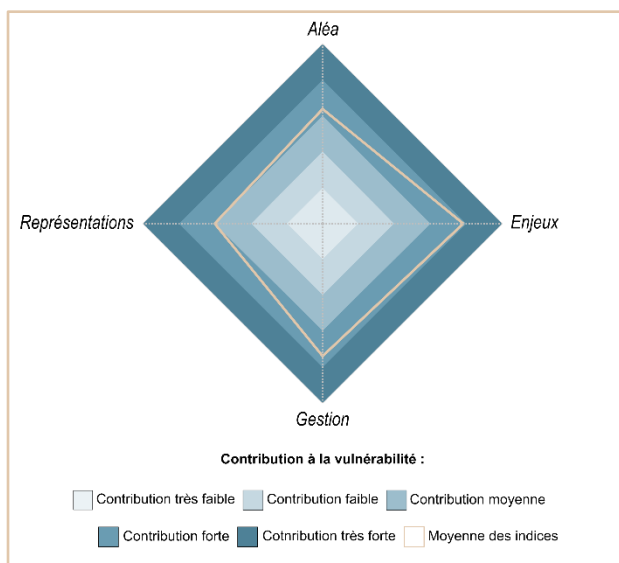


Figure 39 : Contribution des composantes à la vulnérabilité systémique de référence, TRIAY Lucas, 2022

3.6.1. Quelles évolutions des enjeux et du risque ?

La vulnérabilité actuelle s'est construite au fil du temps, à mesure que les enjeux s'accumulaient sur le territoire, certaines trajectoires d'entre eux, du passé à aujourd'hui, pouvant être retracés. Les enjeux humains ont notamment connu à la fois une forte hausse et une évolution de la structure de la population. La population totale a augmenté de 7 habitants/an en moyenne depuis 1836, bien que cette tendance ralentisse depuis 1968. L'augmentation de la population pourrait toutefois se poursuivre, la commune comptant une centaine de logements vacants disponibles. En parallèle de cet accroissement de la population, qui s'est concentrée principalement dans le village, la commune connaît également une forte amplification de sa population vulnérable. Depuis les années 2000, où elle représentait déjà 25 % de la population totale, elle est passée à environ 38 % en 2018. La structure même de cette population vulnérable a, elle aussi, connu une mutation. Majoritairement composé d'enfants de moins de 10 ans jusque dans les années 1970, ils ont été supplantés à partir des années 1980 par les personnes âgées de plus de 65 ans, ces dernières représentant, en 2018, 85 % des personnes vulnérables. Or, avec des naissances en baisse depuis le début des années 2000 et une population vieillissante, la part des personnes âgées dans la population vulnérable

pourrait augmenter, tout comme la part de population vulnérable dans la population totale. En corrélation à cette augmentation de la population, les enjeux structurels se sont également renforcés, connaissant leur plus fort développement à partir des années 1950 (figure 40). Cette

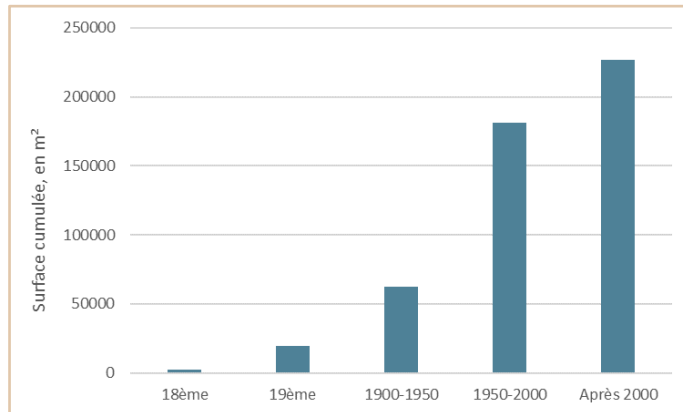


Figure 40 : Evolution de la surface bâtie (emprise au sol, en m²) depuis le 18ème siècle, d'après les données de la BD TOPO IGN, 2021, TRIAY Lucas, 2022

hausse correspond au développement qu'a connu la commune avec l'essor du tourisme balnéaire, évoqué en première partie. Les bâtis résidentiels ont également fortement augmenté au même moment, la seconde moitié du 20^{ème} siècle voyant notamment l'essor de bâtiments de plain-pied, vulnérables à la submersion marine. Toutefois, ce développement intense qui a conduit à la vulnérabilité structurelle actuelle (ces enjeux étant les deuxièmes contributeurs au niveau de risque observé après les enjeux économiques) ne devrait pas se poursuivre. En effet, entre un plan local d'urbanisme (PLU) ayant comme objectif de « préserver le caractère typique » du village, et de « maîtriser l'habitat diffus », et un PPRi rendant inconstructible toute zone en dehors du village, et obligeant les constructions dans celui-ci à des adaptations concernant le risque inondation, la commune ne devrait pas voir d'augmentation très importante de sa surface bâtie, tout en observant soit une stagnation, soit une diminution de sa part de logements « à risque » (les logements de plain-pied). Il est bien moins aisé de tenter de conjecturer une évolution des enjeux économiques. Depuis 1991, une légère tendance à la baisse de la surface agricole totale s'observe mais cette tendance n'est pas assez marquée pour en déterminer une évolution probable. La surface des bâtis à vocation économique a hautement augmenté, là encore à partir des années 1950, ceci participant donc à la forte contribution des enjeux économiques dans la production du risque. L'offre touristique également a connu une évolution en parallèle de la mise en tourisme du territoire mais le manque de données sur les évolutions historiques de cette offre empêche une conjecture efficace d'une tendance significative. Enfin, les enjeux organisationnels devraient rester stables, le centre de secours n'ayant pas de raisons valables de changer d'emplacement, et le réseau routier ne pouvant guère plus se développer dû aux contraintes imposées par le paysage des Saintes-Maries-de-la-Mer.

En faisant le bilan, il émerge une possible tendance à la stagnation des enjeux organisationnels et économiques, une probable hausse des enjeux humains en raison d'une augmentation de la population vulnérable principalement, ainsi qu'une stagnation ou une légère régression des enjeux structurels, laquelle serait favorisée par des bâtis plus adaptés aux submersions en cas de nouvelles constructions. L'intensité des enjeux dans le futur pourrait donc être similaire à la situation de référence, mais les évolutions de l'aléa littoral feraient augmenter le niveau de risque sur la commune.

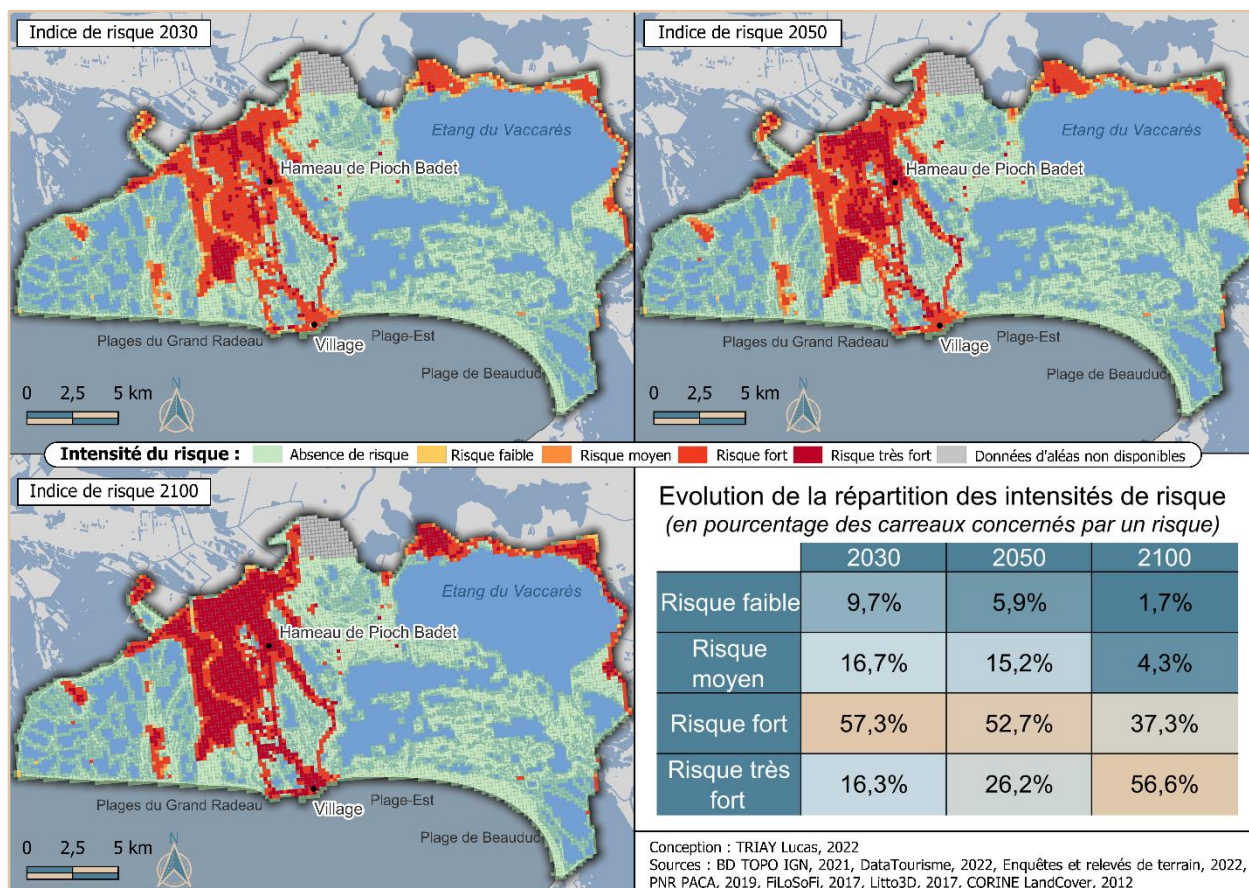


Figure 41 : Cartographie de l'évolution de l'indice de risque et répartition de son intensité à l'horizon 2030, 2050 et 2100, TRIAY Lucas, 2022

Sur la base des enjeux actuels, une tendance à la généralisation d'un risque fort à très fort se dessine clairement (figure 41). Cette évolution concernerait en premier lieu les surfaces agricoles et les habitats diffus au nord du village jusque dans les années 2050, date à laquelle un niveau de risque fort concernerait 52,7 % du territoire à risque. L'horizon 2100 marque l'émergence d'un risque très fort majoritaire et d'une quasi disparition des niveaux de risque faibles et moyens. L'on devrait également assister à un changement progressif des contributeurs principaux au risque littoral. Comme vu précédemment, en 2022, les enjeux sont les moteurs d'un risque fort à très fort. En 2100, cependant, les intensités de risque allant de faibles à fortes seront cette fois favorisées

principalement par l'intensité de l'aléa, tandis que la contribution des enjeux sera égale à celle de l'aléa dans la production d'un risque très fort pour environ 50 % du territoire à risque. Ce renforcement du risque traduit également des impacts potentiels plus importants lors de la survenue d'un aléa centennal de submersion.

3.6.2. Sur le temps ponctuel de l'aléa, des enjeux plus exposés et une gestion de crise entravée

Le temps ponctuel de l'aléa pourrait être marqué en premier lieu par une prépondérance de plus en plus importante de l'impact de la submersion sur les logements à risques. En considérant que ces derniers sont inondés et peuvent subir des

dommages importants à partir d'une intensité d'aléa forte, la part de logements à risque touchés passerait de 0 % en 2022 à la quasi-totalité, soit 97,6 % en 2100 (figure 42). En supplément, l'organisation de la gestion de crise,

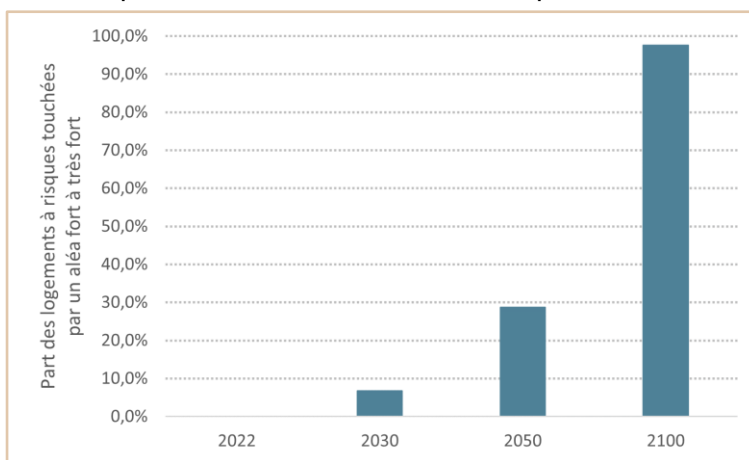


Figure 42 : Evolution des logements à risques (secteur village uniquement) touchés par un aléa fort à très fort, TRIAY Lucas, 2022

notamment des secours, pourrait être entravée par un réseau routier coupé par la submersion, ce qui concernerait une part toujours croissante de ce même réseau, due aux hauteurs d'eau plus importante. De 12,3 % en 2022, la part de réseau routier impraticable passerait à 25,2 % en 2030, 38,7 % en 2050 et enfin 72,5 % en 2100. En conséquence, de moins en moins de personnes serait accessibles depuis le centre de secours (figure 43).

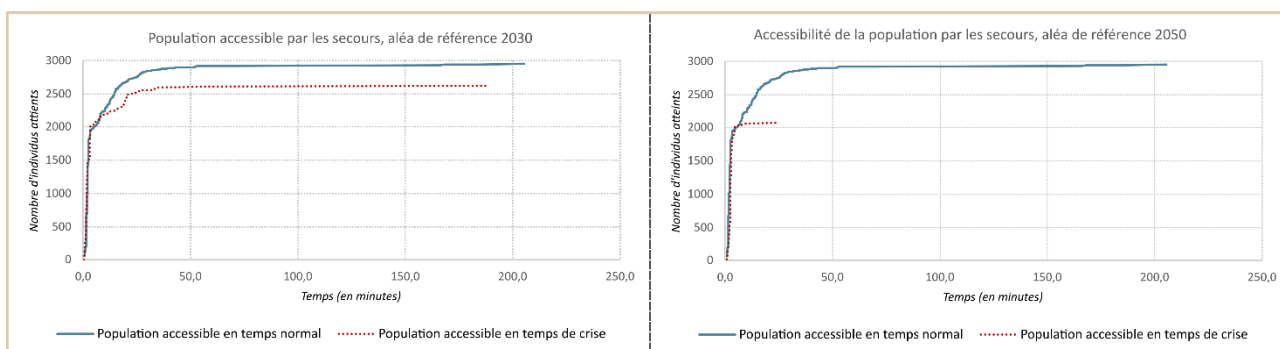


Figure 43 : Evolution de l'accessibilité de la population depuis le centre de secours, TRIAY Lucas, 2022

En 2100, toutes les routes du village et autour du centre de secours sont également considérées comme impraticable car en zone de submersion forte à très forte (ce qui

explique la non présence de l'aléa 2100 sur la figure). Enfin, les bâtiments stratégiques pour la gestion de crise, tel que la mairie ou le centre de secours, seront en zone de submersion forte à très forte, donc potentiellement inondés et inopérants, en 2100. Il apparaît finalement que, jusqu'en 2050, la survenue d'un aléa de référence provoquerait potentiellement plus de dommages mais resterait « gérable » dans le sens où les secours et les bâtiments stratégiques seraient toujours opérants. La recherche de l'adaptation des enjeux et de la réduction de leurs vulnérabilités intrinsèques se justifie encore jusqu'à cette date, puisque ces derniers seront toujours les plus grands contributeurs à des niveaux de risque fort à très fort. L'horizon 2100 annonce en revanche une situation qui pourrait s'avérer bien plus problématique, puisque la quasi-totalité des logements à risques sera touchée et que la gestion de crise pourrait rencontrer de grandes difficultés à s'organiser, voire ne pas en être capable du tout. Il s'agirait également d'un niveau de risque favorisé quasi exclusivement par l'intensité de l'aléa, ce qui signifierait que des adaptations des enjeux pourraient se révéler insuffisantes dans la mitigation du risque. Outre les conséquences sur l'intensité de l'aléa submersion, sur une temporalité ponctuelle, la remontée du niveau de la mer et l'érosion pourront également faire sentir leurs effets sur le quotidien des habitants et usagers de la commune, sur une temporalité longue.

3.6.3. Au quotidien, des désagréments chroniques liés à la remontée du niveau marin et la perte de terrain

Brigitte Poulin, chargée de recherche à la Tour du Valat, informe ainsi que l'élévation relative du niveau marin pourrait grandement perturber l'écosystème camarguais. Dans les sols, la nappe salée pourrait ainsi remonter et saliniser les terres agricoles, ce qui les rendraient donc stérile ou si ce n'est pas le cas, réduirait grandement leurs qualités, bien que ce phénomène ne soit pas encore bien compris et avéré pour le delta, et pourrait avoir des effets variables. L'un des phénomènes que l'on peut conjecturer avec plus de certitude réside dans l'empêchement d'écoulement des eaux douces de l'étang du Vaccarès vers la mer. En raison de la topographie basse et de l'absence de pente, des niveaux marins plus hauts pourraient gêner l'évacuation, qui ne se fait actuellement qu'à travers la roubine (canal de drainage) de Barrachin, à l'est du village. Or l'étang du Vaccarès, connecté à d'autres étangs, reçoit les eaux de drainage des surface agricoles du delta. Son niveau pourrait donc se voir augmenter et ainsi favoriser les bascules de plan d'eau lors des événements tempétueux. Enfin, il est déjà possible d'observer ponctuellement un phénomène qui pourrait se révéler bien plus fréquent et important, à savoir la remontée des eaux salées de la mer dans le bras du

Petit Rhône. Ce dernier étant la source d'eau potable des habitants des Saintes-Maries-de-la-Mer, des problématiques d'eau du robinet saumâtre pourraient s'installer et la rendre impropre à la consommation. Puisqu'il est également la source d'eau douce pour l'irrigation des champs, celle-ci ne pourrait plus être efficace puisque charriant de l'eau saumâtre. Pour pallier ce problème, il faudrait alors installer des stations de pompages plus en amont, ce qui impliquerait des coûts bien plus élevés. Quant à l'érosion, ses impacts pourraient être avant tout économiques, puisqu'attaquant des terrains servant d'aires de camping-car en saison estivale. La disparition des plages pourrait également jouer sur le tourisme, aujourd'hui intense (la commune passe de 2157 habitants à environ 40000 en période estivale, selon la mairie), que connaît la commune, et donc créer un manque à gagner important, l'activité touristique étant aujourd'hui l'un des deux moteurs économiques majeurs des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Le bilan de l'ensemble de ces résultats dépeint une situation préoccupante en regard des risques littoraux et de la vulnérabilité systémique qui leur est associée. Dans quel cadre cette étude pourrait-elle alors présenter des avantages à exploiter, et comment pourrait-elle mise en perspective ?

4. INTÉRÊTS, LIMITES ET MISE EN PERSPECTIVE DES RÉSULTATS OBTENUS

4.1. INTÉRÊTS ET LIMITES : COMMENT ABORDER LES RÉSULTATS ?

4.1.1. Un outil de diagnostic puissant au service de l'aide à la prise de décisions

Dans le domaine de la gestion des catastrophes et des risques naturels, l'approche du diagnostic de vulnérabilité systémique par l'emploi d'indicateurs et d'indices s'avère être un outil efficace permettant d'étudier le territoire sous différents prismes. En décomposant chaque indice en plusieurs indicateurs, il permet de rechercher en profondeur les facteurs de production du risque et les contributions de chaque composante à celui-ci. Cela permet notamment de faire émerger les leviers de vulnérabilité qu'il est possible d'activer pour tenter de la diminuer. C'est d'ailleurs dans ce cadre que cette étude pourrait le mieux s'illustrer et trouver toute sa raison d'être. Dans la transmission aux acteurs de la gestion du risque pour le territoire des Saintes-Maries-de-la-Mer, elle pourrait ainsi apporter des pistes de réflexions sur lesquelles travailler pour cibler au mieux les actions de gestion. La fenêtre qu'elle offre sur l'un des futurs possibles du risque, bien qu'étroite et limitée, peut également venir, si ce n'est changer les perceptions, au moins alimenter les débats, dans l'espoir qu'il n'y est, à minima, aucun nouvel ajout d'enjeux qui alimenterait la vulnérabilité.

Toutefois, cette étude connaît également certaines limites qu'il est nécessaire de mettre au jour, dans le but d'appréhender au mieux les résultats et de pouvoir les relativiser.

4.1.2. Des limites techniques et méthodologiques

Les limites que rencontrent ce mémoire sont de deux types : certaines sont purement liées à un aspect technique dans la production de données, tandis que d'autres peuvent se trouver dans la méthodologie employée. Pour l'aspect technique d'abord, les particularités du territoire, en termes de topographie et de présence d'ouvrages, aurait nécessité la réalisation d'une modélisation afin de déterminer les zones touchées par la submersion marine. Or le manque de moyens matériels et de connaissance n'a pas rendu cette option possible, puisque celle-ci requiert un matériel informatique puissant et des connaissances en mécanique des fluides et mathématiques qui dépassent celle d'un géographe. Bien que déjà évoqué dans le développement, d'autres limites concernant la production de données existent : les bases de données ne permettraient pas toujours de pouvoir « remonter le temps » pour établir des tendances ; certains acteurs n'ont pas souhaité participer aux entretiens et des informations concernant leurs actions en cours et leurs missions peuvent donc possiblement être absentes ; l'échantillon sur lequel se base le questionnaire n'est pas représentatif de la structure de la population des Saintes-Maries-de-la-Mer, un écart pouvant donc exister entre les représentations observées et les représentations « réelles » de la population générale.

Dans le cadre méthodologique, la principale limite réside dans la détermination d'une trajectoire prospective. Des incertitudes existent nécessairement, que ce soit sur l'aléa (les vitesses d'érosion peuvent par exemple évoluer sous l'action de l'élévation du niveau marin ou l'importance de l'élévation pouvant varier), ou l'évolution des enjeux, de la gestion et des représentations, lesquels se basent sur des actions humaines qui, puisqu'elles sont le fruit d'individus pouvant eux-aussi évoluer dans leur manière d'agir ou de concevoir l'espace, sont donc plus difficilement prévisibles. Les propositions faites dans ce mémoire, bien que cherchant à conjecturer le scénario le plus probable, doivent donc avant tout être appréciées comme des possibilités. Une autre limite réside dans la relative perte d'informations fines qui s'opère dans l'agrégation des indicateurs et indices. Par exemple, la représentation cartographique de l'aléa submersion marine est plus précise à grande échelle que la grille de l'indice de submersion puisque celle-ci ne prend en compte, sur un espace de 200 m x 200 m, que la surface d'intensité d'aléa la plus forte (ce qui efface donc l'éventuelle existence d'aléa plus faibles sur le carreau).

4.2. MISE EN PERSPECTIVE DES RÉSULTATS : QUELLE SUITE LEUR DONNER ?

Dans leur qualité de diagnostic de vulnérabilité systémique, les résultats obtenus permettent de faire émerger des possibilités de mise en place d'actions qui semblent pertinentes.

4.2.1. Une nécessaire sensibilisation de la population

L'un des facteurs de vulnérabilité exposé par ce mémoire réside dans les représentations du risque par la population, qui pour beaucoup ne se disent pas spécialement inquiet, ou qui le sont, mais n'entreprennent rien pour se protéger. Une relative confiance dans les acteurs médiatiques ayant été mise au jour par le questionnaire permettrait ainsi d'envisager des événements de sensibilisation mis en place par ces derniers. Ces événements pourraient s'écarter d'un modèle trop scientifique et ainsi aborder la sensibilisation sous un angle ludique : entre jeux de société, petit quizz interactif, maquette, simulation, les possibilités sont nombreuses. Afin d'habituer la population en douceur à l'idée de l'érosion et de la submersion marine, des campagnes d'affichages informatifs pourraient également être réalisées, dans un effort de sensibilisation « passive ». La municipalité pourrait aussi mettre à profit l'espace muséal nouvellement créé pour organiser des expositions photographiques qui exposeraient les évolutions qu'a connu le trait de côte et encouragerait la population à s'emparer du sujet, s'y habituer et s'exprimer. Finalement, les opportunités d'évènements sont nombreuses, l'essentiel étant que, face à l'évolution certaine que va connaître l'aléa, il est essentiel que la population y soit préparée en amont. La problématique des représentations n'est toutefois pas le seul levier de vulnérabilité révélé par le mémoire, et d'autres actions peuvent être entreprises à la suite de celui-ci.

4.2.2. Maintenir ou reculer : compléter l'étude par un calcul coût-avantage

Si, jusqu'en 2050, il apparaît que les enjeux seront les plus gros contributeurs au niveau de risque observée, en 2100, ce sera l'aléa qui aura pris le dessus dans la production du risque. Dans cette optique, il serait utile de compléter cette étude par un calcul coût-avantage des deux stratégies possibles : renforcer et rehausser les ouvrages de protections pour maintenir le trait de côte et se défendre des submersions, quitte à finir par faire du village des Saintes-Maries-de-la-Mer un village fortifié ; ou bien envisager un recul stratégique des enjeux, plus loin dans les terres, ce qui sauvegarderait le village mais pourrait réduire drastiquement le tourisme, puisque le village ne serait plus en bord de mer. Pour être complètement efficace, cette étude coût-avantage devrait donc inclure non seulement le coût des mesures de protections, mais également les conséquences sur l'activité économique de la commune.

CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire était de fournir un diagnostic complet de la vulnérabilité systémique des Saintes-Maries-de-la-Mer, mais également de chercher à comprendre et anticiper les évolutions possibles du risque sur la commune.

Dans ce cadre, les hypothèses émises, fruit des à priori pré-recherche, n'ont pas toutes été confirmées. Sans grande surprise, les Saintes-Maries-de-la-Mer seront bel et bien soumises à un risque littoral de plus en plus fort, principalement alimenté par l'augmentation de l'intensité de l'aléa. Toutefois, la vulnérabilité intrinsèque des enjeux n'évoluera pas nécessairement, la plupart d'entre eux présentant d'ailleurs plutôt une tendance probable à la stagnation, à l'exception des enjeux humains, qui pourraient, eux augmenter. C'est donc surtout l'exposition des enjeux à l'aléa qui évoluera, plus que leur vulnérabilité propre. Enfin, il ressort également de cette recherche que la présence d'une culture camarguaise forte et d'un attachement affectif bien réel ne favorise pas nécessairement une culture du risque, ce manque pouvant être également relié à la gestion du risque par la commune, notamment à des actions de sensibilisation quasi inexistantes.

Cette étude peut également venir contre-argumenter certaines annonces grandiloquentes de médias grand public annonçant la Camargue sous les eaux d'ici la fin du siècle. Si les submersions marines pourraient effectivement être plus fréquentes et survenir avec plus d'intensité, le delta, et donc les Saintes-Maries-de-la-Mer, ne devrait pas se retrouver submergé de manière permanente, du moins pas durant ce siècle.

De plus, il serait intéressant et approprié d'entretenir une mise à jour régulière des données d'enjeux, d'aléas, de gestion et de représentation, afin de construire petit à petit une trajectoire de vulnérabilité qui auraient comme avantage de venir confirmer, modifier ou affiner les prévisions énoncées dans cette recherche. Ceci évidemment dans un objectif de toujours fournir un diagnostic de vulnérabilité systémique cohérent et en accord avec les réalités du terrain dans l'objectif d'orienter au mieux les choix d'aménagements, ou les mesures de prévention et de mitigation du risque. Car, finalement, si les évolutions du paysage et du risque sont inévitables, tout le défi sera de savoir y répondre. L'honneur de la phrase de fin qui clôturera ce mémoire sera donc laissé à la phrase qu'a choisi Brigitte Poulain pour conclure notre entretien, qui résume si bien ce travail. « Des changements importants attendent la Camargue et les Saintes-Maries-de-la-Mer, c'est indéniable. Mais le plus intéressant, ce sera de voir la manière dont l'Homme décidera de s'y adapter. »

BIBLIOGRAPHIE

- Arnaud-Fassetta, G., & Provansal, M. (1993). Étude géomorphologique du delta du Rhône : évolution des milieux de sédimentation fluviales au cours de l'Holocène récent. *Méditerranée : revue géographique des pays méditerranéens*, 78(3-4), P. 31-42.
- Becerra, S. (2012). Vulnérabilité, risques et environnement : l'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12(1).
- Berdoulay, V., & Soubeyran, O. (2014). Adaptation, science de la durabilité et pensée planificatrice. *Natures Sciences Sociétés*, 22(2), p. 114-123.
- Billé, R. (2006). Gestion intégrée des zones côtières : quatre illusions bien ancrées. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 7(3)
- Birkmann, J. (2014). *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies (second edition)*. Ed. United Nations University Press, 654 p.
- Brunel, C., & Sabatier, F. (2009). Potential influence of sea-level rise in controlling shoreline position on the French Mediterranean Coast. *Geomorphology*, 107(1-2), p. 47-57.
- CEREMA (2016). *Référentiel national de vulnérabilité aux inondations*. Ed. CEREMA, 125 p.
- CEREMA (2019). *Connaissance du trait de côte—Evaluation prospective des enjeux affectés par le recul du trait de côte*. Collection : connaissances. Ed. CEREMA, 33 p.
- CEREMA, CNRS & UBO (2020). *Fiches indicateurs et indices*. Projet OSIRISC, 66 p.
- Desse, R.P. (1994). Le Languedoc, le Roussillon et la mer des origines à la fin du XXe siècle (1960-1990). *Annales de géographie*, 103(577), p. 334-335.
- Gonzva, M., Delaitre, M., Di Nardo, M., Barroca, B., & Diab, Y. (2016). Échelles spatiales et approches méthodologiques pour l'analyse de la vulnérabilité. *Espace Populations Sociétés*, 2016/3.
- D'Ercole, R., Thouret, J. C., Dollfus, O., & Asté, J. P. (1994). Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse. *Revue de Géographie Alpine*, 82(4), p. 87-96.

- Duvat, V.K.E., Salmon, C., Magnan, A.K. (2016). Trajectoires de vulnérabilité des littoraux de l'île de la Réunion aux risques liés à la mer (1950- actuel), *Studies*, 04/16, Iddri, Paris, France, 72 p
- Flanquart, H. (2014). Perception versus représentation du risque de submersion et autres risques : ce que révèle une querelle sémantique. In *Connaissance et compréhension des risques côtiers : aléas, enjeux, représentations, gestion, actes de colloque*. P. 353-364.
- Frémont, A. (1999). *La région, espace vécu (2e édition)*. Ed. Flammarion, 288 p.
- Godard, O. (2010). Dossier « Adaptation aux changements climatiques » – Cette ambiguë adaptation au changement climatique. *Natures Sciences Sociétés*, 18(3), p. 287-297.
- Goeldner-Gianella, L., & Humain-Lamoure, A. L. (2010). Les enquêtes par questionnaire en géographie de l'environnement. *L'Espace géographique*, 39(4), p. 325-344.
- Goujon, M., & Magnan, A. (2018). Appréhender la vulnérabilité au changement climatique, du local au global. Regards croisés.
- Hellequin, A. P., Flanquart, H., Meur-Ferec, C., & Rulleau, B. (2013). Perceptions du risque de submersion marine par la population du littoral languedocien : contribution à l'analyse de la vulnérabilité côtière. *Natures Sciences Sociétés*, 21(4), p. 385-399.
- Hénaff, A. (Ed.), Philippe, M. (2014). *Gestion des risques d'érosion et de submersion marines, guide méthodologique*. Projet Cocorisco, 156 p.
- Kulling, B. (2017). *Déformation du rivage et dérive littorale des plages du Golfe du Lion*. Thèse, Aix-Marseille Université, 271 p.
- Lemée, C., Guillard, M., Fleury-Bahi, G., Krien, N., Chadenas, C., Chauveau, E. & Navarro, O. (2019). What meaning do individuals give to coastal risks? Contribution of the social representation theory. *Marine Policy*, 108.
- Lizard, S. (2013). Littoralisation de l'Arc Latin : Analyse spatio-temporelle de la répartition de la population à une échelle fine. *Espace populations sociétés*, 2013(1-2), p. 21-40.
- Longépée, E., Goeldner-Gianella, L., Defossez, S., M., G., Anselme, B., Durand, P., Alexandre, N.-L., & Elineau, S. (2015). Perception, représentation et gestion du risque de submersion marine sur la côte languedocienne française : Le cas de la station balnéaire récente de Leucate.

- Magnan, A., Duvat, V., & Garnier, E. (2012). Reconstituer les « trajectoires de vulnérabilité » pour penser différemment l'adaptation au changement climatique. *Natures Sciences Sociétés*, 20(1), p. 82-91.
- Mallet, C., & Michot, A. (2012). Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte. *Rapport BRGM/RP-60616-FR*, 201 p.
- Marcel, O., Le Berre, I., Rouan, M., Philippe, M., & Hénaff, A. (2018). Une application WEB-SIG de suivi de la vulnérabilité systémique des littoraux (projet OSIRISC). In *Merigéo 2018-De la côte à l'océan, l'information géographique en mouvement*, p. 43-46.
- Meur-Ferec, C., Berre, I. L., Cocquempot, L., Guillou, E., Hénaff, A., Lami, T. & Noûs, C. (2020). Une méthode de suivi de la vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines. *Développement durable et territoires*, 11(1).
- Meur-Ferec, C., Deboudt, P., Flanquart, H., Heurtefeux, H., Morel, V., Roussel, S., & Lequint, R. (2006). Vers des stratégies de gestion de l'érosion des côtes : l'évaluation de la vulnérabilité comme outil d'aide à la gestion des risques. In *Interactions nature-sociétés : analyses et modèles*.
- Meur-Ferec, C., Lageat, Y., & Hénaff, A. (2013). La gestion des risques côtiers en France métropolitaine : évolution des doctrines, inertie des pratiques ? *Géorisques*, 4, p. 57-67.
- Mineo-Kleiner, L., Perherin, C., Meur-Ferec, C. & Noûs, C. (2021). La difficile territorialisation des stratégies nationales de gestion des risques côtiers en France. *Annales De Géographie*, 738, p. 50.
- Oliveros, C., & Lambert, A. (2004). Etude des phénomènes de submersion marine sur le littoral de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. Rapport n°2. *Rapport BRGM/RP-52902-FR*, 116 p.
- Orsenna, E. (2008). *L'avenir de l'eau*. Ed. Fayard, 411 p.
- Paris, F., Pedreros, R., Stépanian, A., Bulteau, T., & Lecacheux, S. (2017). Modélisation de la submersion marine en Camargue. Rapport final. *Rapport BRGM/RP-66804-FR*, 176 p.
- Paskoff, R. (1998). Conséquences possibles sur les milieux littoraux de l'élévation du niveau de la mer prévue pour les prochaines décennies. *Annales de géographie*, 107(600), p. 233-248.
- Paskoff, R. (2004). *Côtes en danger (nouvelle édition)*. Ed. l'Harmattan, 250 p.

- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegria, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., & Okem, A. (2022). IPCC, 2022 : Summary for Policymakers. In *Climate Change 2022 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ed. Cambridge University Press, 35 p.
- Préfecture des Bouches-du-Rhône. (2017). Plan de prévention des risques naturels prévisibles (P.P.R) inondation sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. Règlement. 50 p.
- Quillet, E., Meur-Ferec, C., Chauveau, E., & Philippe, M. (2019). Contribution à la mise en place d'indicateurs de suivi de la gestion des risques côtiers en France Métropolitaine : vers un observatoire intégré des risques d'érosion submersion. *Norois. Environnement, aménagement, société*, 250, p. 81-99.
- Rey-Valette, H., Carbonnel, P., Roussel, S., & Richard, A. (2006). L'apport de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) à la gestion de l'érosion côtière : intérêt et exemple en Méditerranée française. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 7(3).
- Rocle, N. (2019, July). Gouverner les enjeux et les risques littoraux : des stratégies de façade (maritime) ? Une analyse de trois stratégies nationales sur le littoral français. In *15ème congrès de l'Association Française de Science Politique & 8ème Congrès du réseau des Associations francophones de science politique*, 21 p.
- Sabatier, F. (2008). Modelling the impact of the climatic changes on the dune erosion. The case of the Camargue. *La Houille Blanche*, 1, p. 40-49.
- Sabatier, F., Plaine, J., & Kulling, B. (2017). Une approche scientifique pour une connaissance des aléa littoraux en Camargue, annexe méthodologique des tâches 1, 2, 3 et 4.
- Salah, A., & Said Mehdi, D. (2018). L'entretien de recherche dit "semi-directif" dans les domaines des sciences humaines et sociales.
- Spiegelberger, T., Bergeret, A., Couzat, É., Tschanz, L., Piazza-Morel, D., Brun, J.-J., Baud, D., & Lavorel, S. (2018). Construction interdisciplinaire d'une trajectoire socio-écologique de vulnérabilité à l'exemple du territoire des Quatre Montagnes (Isère, France) de 1950 à 2016. *Revue de géographie alpine*, 106-3.

- Ullmann, A., & Pirazzoli, P. A. (2007). Caractéristiques spatiales de la formation des surcotes marines dans le Golfe du Lion. *Cybergeo : European Journal of Geography*, document 362.
- Ullmann, A., & Sabatier, F. (2010). Les types de temps associés aux risques d'inondations et d'érosions en Camargue : éléments de diagnostic et de perspectives pour le 21^e siècle (1993-2100). *EchoGéo*, 14.
- United Nations Environment Programme (2021). *Emissions Gap Report 2021 : The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered*. Nairobi
- Vella, C., Fleury, T. J., Raccasi, G., Provansal, M., Sabatier, F., & Bourcier, M. (2005). Evolution of the Rhône delta plain in the Holocene. *Marine geology*, 222, p. 235-265.

SITOGRAPHIE

- Géolittoral : portail des données sur la mer et le littoral, hébergé par le Ministère de la Transition Ecologique et géré par la Direction général de l'aménagement, du logement et de la nature. Accessible depuis ce lien : <https://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/>
- NASA, Global climate change : site produit par la Earth Science Communications Team de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Fourni des informations et des données sur les effets du changement climatique global, dont l'élévation global du niveau des océans et des mers depuis 1900, mesuré par satellite. Accessible sur : <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>
- Observatoire régional des risques majeurs (ORRM) PACA : site édité par trois acteurs principaux : la région Sud, la DREAL PACA et le BRGM. Son objectif est d'améliorer la connaissance et diffuser des informations et des données relatives aux risques majeurs naturels comme technologiques sur la région PACA à travers un portail internet grand public. Accessible sur : <http://observatoire-regional-risques-paca.fr/article/submersions-marines>
- Parc naturel régional de Camargue : site édité par le parc naturel régional de Camargue. Fournit des informations multiples sur l'environnement, l'histoire, l'économie et les acteurs du PNRC. Accessible sur : <http://www.parc-camarque.fr/>

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma des interrelations des composantes de la vulnérabilité systémique (D'après Le Berre, 2020).....	12
Figure 2 : Radar de représentation de la vulnérabilité systémique (d'après Meur-ferec et al., 2006).....	13
Figure 3 : Positions successives du trait de côte depuis 7 000 ans A.P. et des anciennes branches du Rhône, TRIAY Lucas, 2022.....	17
Figure 4 : Altitudes moyennes du delta par maillage de 140x140 m, TRIAY Lucas, 2022.....	18
Figure 5 : Segmentation des cellules sédimentaires du littoral camarguais, d'après Sabatier, 2001.....	19
Figure 6 : Distribution saisonnière des vents en Camargue, d'après Oliveros et Lambert, 2004.....	20
Figure 7 : Représentation de l'artificialisation des sols et des flux hydriques de la Camargue, TRIAY Lucas, 2022.....	22
Figure 8 : Evolution démographique et urbanistique du village des Saintes-Maries-de-la-Mer depuis 1968, d'après données de l'INSEE issues du recensement de la population et BD TOPO IGN, TRIAY Lucas, 2022.....	24
Figure 9 : Occupation du sol de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022.....	26
Figure 10 : Frise chronologique des arrêtés CatNat concernant les Saintes-Maries-de-la-Mer, d'après la base de données GASPARD, TRIAY Lucas, 2022.....	27
Figure 11 : Matrice de calcul de l'indice transversal de risque, d'après les fiches d'indicateurs et d'indices du projet OSIRISC, 2020.....	30
Figure 12 : Grille d'agrégation appliquée aux terres émergées de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022.....	30
Figure 13 : Exemples de prise en compte des ouvrages dans la digitalisation du trait de côte, TRIAY Lucas, 2022.....	32
Figure 14 : Exemple d'intersection du trait de côte 2022 avec la zone tampon 1996 sous QGIS, TRIAY Lucas, 2022.....	33
Figure 15 : Schéma explicatif du fonctionnement de la méthode par superposition de MNT, TRIAY Lucas, 2022.....	34
Figure 16 : Illustration schématique d'une submersion marine en Camargue, d'après Paris et al., BRGM, 2017.....	35

Figure 17 : Projection de l'élévation du niveau marin pour la région méditerranéenne jusqu'en 2100 pour le scénario SSP2-4,5, d'après l'atlas des données du GIEC, 2022	37
Figure 18 : Répartition des vitesses d'érosion et d'accrétion, TRIAY Lucas, 2022	52
Figure 19 : Cartographie des dynamiques érosives sur le littoral des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022.....	53
Figure 20 : Cartographie de la submersion marine pour l'aléa de référence 1,5 m NGF, TRIAY Lucas, 2022.....	54
Figure 21 : Cartographie de l'indice général d'aléa littoral, TRIAY Lucas, 2022.....	56
Figure 22 : Cartographie des surfaces érodées en 2030, 2050 et 2100, par secteur, TRIAY Lucas, 2022.....	57
Figure 23 : Cartographie de l'évolution de l'aléa submersion marine sur le village en 2030, 2050 et 2100, TRIAY Lucas, 2022	58
Figure 24 : Cartographie du potentiel de refuge des bâtis résidentiels du village, TRIAY Lucas, 2022	60
Figure 25 : Cartographie des indicateurs structurels et contribution à l'indice général moyen d'enjeux structurels, TRIAY Lucas, 2022	61
Figure 26 : Pyramide des âges de la population des Saintes-Maries-de-la-Mer en 2018, d'après données du recensement de l'INSEE, TRIAY Lucas, 2022.....	62
Figure 27 : Cartographie des indicateurs humains et contribution à l'indice général moyen d'enjeux humains, TRIAY Lucas, 2022.....	63
Figure 28 : Cartographie des indicateurs économiques et contribution à l'indice général moyen d'enjeux économiques, TRIAY Lucas, 2022	65
Figure 29 : Perte d'accessibilité depuis le centre de secours en cas d'aléa centennal en 2022, TRIAY Lucas, 2022	66
Figure 30 : Cartographie des indicateurs organisationnels et contribution à l'indice moyen général d'enjeux organisationnels, TRIAY Lucas, 2022	67
Figure 31 : Cartographie de l'indice général d'enjeux, TRIAY Lucas, 2022	68
Figure 32 : Cartographie de l'indice de risque, TRIAY Lucas, 2022	70
Figure 33 : Organigramme des acteurs et mesures règlementaires mises en place sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, TRIAY Lucas, 2022.....	72
Figure 34 : Valeurs des indicateurs de la composante gestion, TRIAY Lucas, 2022 ...	74
Figure 35 : Cartographie de l'indice de vulnérabilité institutionnelle, TRIAY Lucas, 2022	76

Figure 36 : Moyenne des réponses concernant la conscience du risque, TRIAY Lucas, 2022	78
Figure 37 : Moyenne des réponses concernant la confiance dans les acteurs et les mesures de protection, TRIAY Lucas, 2022.....	79
Figure 38 : Moyenne des réponses concernant l'acceptabilité des mesures actuelles, TRIAY Lucas, 2022.....	80
Figure 39 : Contribution des composantes à la vulnérabilité systémique de référence, TRIAY Lucas, 2022.....	82
Figure 40 : Evolution de la surface bâtie (emprise au sol, en m ²) depuis le 18ème siècle, d'après les données de la BD TOPO IGN, 2021, TRIAY Lucas, 2022.....	83
Figure 41 : Cartographie de l'évolution de l'indice de risque et répartition de son intensité à l'horizon 2030, 2050 et 2100, TRIAY Lucas, 2022	84
Figure 42 : Evolution des logements à risques (secteur village uniquement) touchés par un aléa fort à très fort, TRIAY Lucas, 2022	85
Figure 43 : Evolution de l'accessibilité de la population depuis le centre de secours, TRIAY Lucas, 2022.....	85

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des indicateurs employés selon les composantes et indices, TRIAY Lucas, 2022.....	29
Tableau 2 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour la composante aléa, TRIAY Lucas, 2022	31
Tableau 3 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeux humains, TRIAY Lucas, 2022.....	38
Tableau 4 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeux structurels, TRIAY Lucas, 2022.....	39
Tableau 5 : Grille d'évaluation de la sécurité du bâti, TRIAY Lucas, 2022.....	39
Tableau 6 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeux économiques, TRIAY Lucas, 2022.....	41
Tableau 7 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour l'indice d'enjeu organisationnel, TRIAY Lucas, 2022.....	42
Tableau 8 : Indicateurs et méthode d'acquisition pour la composante gestion, TRIAY Lucas, 2022.....	45
Tableau 9 : Indicateurs de l'indice de conscience du risque, TRIAY Lucas, 2022	47
Tableau 10 : Indicateurs de l'indice de confiance dans les institutions et mesures de protection, TRIAY Lucas, 2022	47

Tableau 11 : Indicateurs de l'acceptabilité des mesures actuelles, TRIAY Lucas, 2022	48
Tableau 12 : Contribution des enjeux intermédiaires au niveau de l'indice général d'enjeux, TRIAY Lucas, 2022.....	69
Tableau 13 : Contribution de l'aléa et des enjeux au niveau de l'indice général de risque, TRIAY Lucas, 2022.....	71

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 : Photographie du village des Saintes-Maries-de-la-Mer à la fin du 19ème siècle (datation incertaine : 1881-1903), auteur : Blanchin Tarascon, archives départementales des Bouches-du-Rhône.....	23
Photographie 2 : Ancienne passerelle témoin de l'érosion sur le secteur de la plage Est, auteur : TRIAY Lucas, 2022.....	27
Photographie 3 : Exemple de cas particulier comptabilisé comme un bâti de plain-pied, photographie issue de Google StreetView, 2021	40
Photographie 4 : Panneau d'information de risque de submersion marine à l'entrée de la digue à la mer, à l'est du village, auteur : TRIAY Lucas, 2022.....	75

ANNEXES

QUESTIONNAIRE À LA POPULATION

Représentation des risques littoraux en Camargue

Bonjour,

Je m'appelle Lucas et suis actuellement en Master 1 Gestion des catastrophes et des risques naturels (GCRN) à l'université Paul Valéry à Montpellier. Dans le cadre de ce master, je dois réaliser un mémoire et j'ai choisi comme sujet la question des risques littoraux et leurs conséquences sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. Les risques littoraux désignent à la fois l'érosion côtière et les inondations par submersion marine, qui surviennent lors des épisodes tempétueux.

Vous habitez aux Saintes-Maries-de-la-Mer de façon permanente ou saisonnière ? Vous travaillez aux Saintes-Maries-de-la-Mer ? Vous vivez en Camargue ? Vous pouvez alors m'aider et répondre à ce questionnaire. Celui-ci a pour objectif de récolter vos sentiments et la façon dont vous percevez cette problématique de risque littoral. Aucune connaissance préalable n'est nécessaire, aucun jugement ne sera émis sur vos réponses et celles-ci seront anonymes.

De plus, les résultats seront seulement utilisés dans le cadre de mon mémoire et rien d'autre, pas de risques de recevoir des pubs étranges ou des sollicitations régulières, n'ayez crainte !

Si vous avez une question concernant le questionnaire, vous pouvez me contacter par mail : lucas.triay@etu.univ-montp3.fr

Je vous remercie par avance et vous souhaite une bonne journée,

Lucas

Partie 1 : Ressenti général face aux risques naturels

1. Quel(s) risque(s) naturel(s) pourriez-vous citer ? (Répondez par mot-clé, en les séparant par des virgules)
2. Quel risque naturel vous inquiète le plus ? (S'il y en a plusieurs, séparez les différentes réponses par des virgules)
3. A quel(s) risque(s) naturel(s) pensez-vous être exposé ?

Partie 2 : Place des risques littoraux (érosion et submersion marine) dans la vie quotidienne

A partir de maintenant, toutes les questions porteront sur la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer. Cette partie a pour but de comprendre la façon dont les risques littoraux peuvent affecter votre vie quotidienne et de récolter vos sentiments et ressenti vis à vis de ceux-ci

4. Avez-vous déjà été impacté directement par les effets de l'érosion ou par une inondation par submersion marine sur la commune ? (Ex : logement inondé, perte de terrain suite à l'érosion, *etc.*)
 Oui Non
5. Si oui, en quelle année ?
6. Si oui, quels types d'impacts avez-vous subi ?
7. Avez-vous déjà vécu indirectement les effets d'un risque littoral sur la commune ? (Témoin visuel, informations rapportées par les proches, *etc.*)
 Oui Non
8. Selon vous, quel est votre niveau d'exposition aux risques littoraux ?
 Très faible
 Faible
 Moyen
 Fort
 Très fort

9. Comment qualifieriez-vous votre niveau d'inquiétude par rapport aux risques littoraux et les effets à court ou longs terme qu'ils pourraient avoir sur la commune ? (Amaigrissement de la plage, perte de terrain, submersion marine plus ou moins fréquentes, etc.)

- Pas du tout inquiet (vous n'y pensez pas)
- Faiblement inquiet (vous y pensez parfois mais sans plus)
- Moyennement inquiet (vous y pensez régulièrement)
- Fortement inquiet (vous y pensez souvent et cherchez à vous renseigner)
- Très fortement inquiet (vous y pensez souvent et voudriez partir à cause de ça)

10. Quel que soit votre niveau d'inquiétude comment l'expliqueriez-vous ?

11. Classez ces problématiques locales selon celles qui paraissent les plus importantes (De la plus importante en premier (n°1) à la moins importante en dernier).

- Problématiques sociales : taux de chômage, fermetures de commerces, ...
- Risques côtiers : submersion des habitations, perte de terrain du fait de l'érosion...
- Délinquance : vol, agression, insécurité...
- Pollution : Pollution des terres par pesticides, pollution plastique des cours d'eau et des plages...
- Infrastructures communales : état des routes, des bâtiments, infrastructure de première nécessité, ...

12. Avez-vous connaissance de programmes locaux de gestion des risques littoraux mis en place sur la commune ?

- Oui Non

13. Si oui, lesquels ?

14. Avez-vous cherché à vous renseigner sur les risques littoraux auxquels la commune est soumise ?

- Oui Non

15. Si oui, quelles sources avez-vous utilisé ? (Plusieurs réponses possibles)

- Sources d'informations locales (établissement scolaire des enfants, associations locales de riverains, relations personnelles, organisme de travail)
- Autres sources sur la gestion du risque et le bâti (assurance habitation, agences immobilières, notaires)
- Sources d'informations officielles (revues ou articles et rapports scientifiques, services de l'État, région, mairie)

- Source d'informations sur la météorologie et prévision des événements de submersion (bulletins/sites internet météo/calendrier des marées, TV, radio, presse écrite, internet)
- Autres sources :

16. Sélectionnez les mesures de protections individuelles que vous avez mises en place contre les risques littoraux :

- Recherche active d'informations sur les risques érosion/submersion
- Aménagements des circuits d'eau et d'électricité : mise hors d'eau des systèmes électriques, de la chaudière...
- Aménagements de protection légers : pose de batardeaux, clapets anti-retour, surélévation du mobilier, ...
- Aménagements nécessitant des travaux importants : rehaussement du vide-sanitaire, ouverture sur le toit, création d'un espace refuge, utilisation de matériaux résistants à l'eau
- Autres aménagements :
- Aucune mesure mise en place

Partie 3 : Acceptabilité des mesures de protections mises en place

Cette partie cherche à récolter vos avis et sentiments sur plusieurs domaines pouvant être touchés par les risques littoraux et à comprendre votre niveau de tolérance face à ces impacts.

17. Selon vous, qui devrait participer aux coûts d'entretien des ouvrages ?
(Sélectionnez autant de propositions que vous jugez pertinentes)

- Le Parc naturel régional de Camargue
- La région Sud PACA
- Les touristes (à travers une augmentation de la taxe de séjour)
- L'Etat
- La population des Saintes-Maries-de-la-Mer (à travers la taxe GEMAPI intégrée aux taxes locales)
- Le département des Bouches-du-Rhône

18. Quel montant, en €/an, seriez-vous prêt à payer en plus sur vos taxes locales pour financer l'entretien et la mise en place de moyens de protections ?

19. Classez ces différents moyens de protections selon ceux que vous trouvez les plus adaptés/acceptables pour la commune (les plus adaptés en n°1, les moins adaptés en dernier). *Vous n'êtes pas obligé de faire figurer toutes les propositions*

- Digue (environ 5000 à 6000 €/mètres, nécessite un entretien, durée de vie de 40 à 50 ans, protège contre les élévations temporaires du niveau marin mais perturbe le transit sédimentaire)
- Rechargement en sable par camion ou draguage (6 à 15 €/m³, durée de vie variable mais en général au moins 1 action de rechargement/an, permet de remplacer le sable perdu par l'érosion et de réhausser la pente de plage dans une optique de prévention contre la hausse du niveau marin, peut perturber la biodiversité locale de la plage)
- Récifs artificiels (coûts variables selon les matériaux employés, diminue l'énergie des vagues, ne nécessite pas d'entretien et permet de favoriser la biodiversité)
- Création de cordon dunaire avec apports de sable, ganivelles, végétation (environ 500 €/mètres, coût d'entretien faible, permet de former une barrière naturelle contre les submersions marines et de constituer une réserve de sédiments pour la plage mais sensibles à la dégradation par le vent ou le piétinement)
- Enrochements : Epi, brise-lame,...(de 1000 à 5000 €/mètres selon l'ouvrage, nécessite un entretien régulier pour une durée de vie de 20 à 30 ans, permettent une accumulation de sable localement mais peuvent favoriser l'érosion sur les plages voisines et perturbent le transit sédimentaire)
- Ouvrages en géotextiles (Mise en place rapide et moins onéreuse que les enrochements pour les mêmes effets, nécessitent un entretien, impact visuel faible et ouvrage réversible, ils peuvent perturber le transit sédimentaire)
- By-pass (solution pouvant être peu coûteuse ou très onéreuse selon la méthode employée, permet de faire passer au sable des obstacles comme les enrochements qui perturbent le transit sédimentaire et donc de rétablir la dynamique naturelle des sédiments, solution intéressante à moyen terme qui permet de conserver les ouvrages de protections lourds déjà mis en place)

20. En matière de gestion du trait de côte, deux grandes politiques s'opposent :

- Le maintien du trait de côte actuel, à travers des méthodes de protection lourdes (enrochements, digues, épis, brise-lames) ou souples (ganivelles, rechargement de plage, *etc.*), qui peuvent toutefois perturber le milieu naturel et/ou aggraver les problématiques d'érosion existantes.
- Le recul stratégique, qui consiste à considérer que l'on ne peut pas contrôler les dynamiques côtières et qu'il faut donc restaurer les dynamiques naturelles, c'est-à-dire dépolderiser les espaces polderisés et reculer les enjeux (habitations, commerces, *etc.*), avec toutefois la modification d'un paysage existant. Pour les Saintes-Maries-de-la-Mer, cette politique pourrait par exemple résulter en une destruction de la digue à la mer, pour laisser les

échanges naturels entre la mer et les étangs se faire et créer une zone tampon.

Pour quelle grande politique êtes-vous plutôt favorables en ce qui concerne les Saintes-Maries-de-la-Mer ?

- Le maintien du trait de côte
- Le recul stratégique des enjeux

21. Des submersions marines plus fréquentes et importantes dues à l'érosion et l'élévation du niveau marin pourraient-elles vous pousser à déménager ?

- Oui
- Non

22. Quel serait votre sentiment par rapport à la perte de marqueurs culturels (bâtiments historiques, arènes, paysage spécifique à la Camargue, etc.) due à l'érosion et l'élévation du niveau marin ?

Partie 4 : Confiance dans les acteurs et les mesures de gestion du risque

Cette partie cherche à comprendre le niveau de confiance que vous accordez aux différentes mesures de protections mises en place sur la commune et aux acteurs qui les mettent en place

23. Quel niveau de confiance accordez-vous aux acteurs nationaux et supranationaux (Etat, Union Européenne) agissant pour la gestion des risques littoraux ?

- Aucune confiance
- Peu confiance
- Moyennement confiance
- Plutôt confiance
- Complètement confiance
- Ne se prononce pas

24. Quel niveau de confiance accordez-vous aux institutions locales et régionales (mairie, parc naturel régional, préfecture, région) agissant pour la gestion des risques littoraux ?

- Aucune confiance
- Peu confiance
- Moyennement confiance
- Plutôt confiance
- Complètement confiance
- Ne se prononce pas

25. Quel niveau de confiance accordez-vous aux acteurs médiatiques (scientifiques, associations de riverains) agissant pour l'information et la gestion des risques littoraux ?

- Aucune confiance
- Peu confiance
- Moyennement confiance
- Plutôt confiance
- Complètement confiance
- Ne se prononce pas

26. Selon vous, les ouvrages de protections contre l'érosion et la submersion marine sont :

- Inefficace
- Peu efficace
- Moyennement efficace
- Plutôt efficace
- Efficace

27. Quel que soit votre réponse, comment expliquez-vous le niveau de confiance que vous accordez aux ouvrages de protections ?

28. Selon vous, les mesures de prévention et les procédures d'évacuation en cas de submersion marines sont :

- Inefficace
- Peu efficace
- Moyennement efficace
- Plutôt efficace
- Efficace

29. Quel que soit votre réponse, comment expliquez-vous le niveau de confiance que vous accordez à ces mesures ?

Partie 5 : attachement affectif aux Saintes-Maries-de-la-Mer

Cette partie a pour but de mieux connaître votre histoire avec la commune, afin de pouvoir croiser et comparer les réponses des répondants.

30. Comment qualifieriez-vous votre attachement affectif aux Saintes-Maries-de-la-Mer ?

- | | |
|--|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aucun attachement | <input type="checkbox"/> Fort |
| <input type="checkbox"/> Faible | <input type="checkbox"/> Très fort |
| <input type="checkbox"/> Moyen | |

31. Pourriez-vous précisez les raisons de cet attachement ?

32. Depuis combien de temps résidez-vous aux Saintes-Maries-de-la-Mer ?

- Moins d'1 an
- Entre 1 et 5 ans
- Entre 5 et 10 ans
- Plus de 10 ans (mais je n'y ai pas toujours vécu)
- J'y ai toujours vécu
- J'y travaille mais n'y réside pas
- Je vis en Camargue mais pas aux Saintes-Maries-de-la-Mer

33. Êtes-vous issus d'une famille camarguaise ?

- Non, je suis premier arrivant
- Oui, depuis 1 génération (mes parents y vivaient)
- Oui, depuis 2 générations (mes grands-parents y vivaient)
- Oui, depuis 3 générations (mes arrière-grands-parents y vivaient)
- Oui, depuis plus de 3 générations

Mieux vous connaître

34. Vous êtes :

- Un homme
- Une femme
- Non-binaire

35. Vous avez :

- Moins de 18 ans
- Entre 18 et 25 ans
- Entre 25 et 40 ans
- Entre 40 et 60 ans
- Entre 60 et 70 ans
- Plus de 70 ans

36. Où habitez-vous ?

- Saintes-Maries-de-la-Mer
- Hameau de Pioch Badet
- Autre :

RÉSUMÉ

Le dernier rapport du GIEC concernant les effets du changement climatique vient confirmer une accélération de la hausse du niveau marin. Couplé à des dynamiques érosives importantes, des communes situées sur des côtes sableuses basses, tel que les Saintes-Maries-de-la-Mer devraient donc connaître une augmentation de l'intensité de l'aléa littoral, notamment de submersion, dans les décennies à venir. Cette dernière, dont les plus forts enjeux sont avant tout économiques et structurels, devraient voir sa vulnérabilité systémique augmenter. Actuellement soutenue par des enjeux forts et une gestion peu efficace des risques, elle deviendrait peu à peu favorisée en majorité par l'intensité de l'aléa littoral. Cette évolution devrait toutefois être progressive jusqu'en 2050, avec une échéance à 2100 marquant un point de rupture à la fois dans l'intensité de l'aléa et dans la contribution des composantes à la vulnérabilité systémique. Face à ce constat, de nécessaires réflexions et actions doivent être entreprises pour anticiper au mieux le risque futur.

Mot-clé : érosion, submersion, risque littoral, élévation du niveau marin, vulnérabilité systémique, trajectoire prospective, camargue, saintes-maries-de-la-mer

ABSTRACT

According to the last IPCC report on the effects of global climate change, accelerated sea-level rise is confirmed and will continue. Associated with significant erosive dynamics, cities located on low sandy coasts, such as Saintes-Maries-de-la-Mer, should then experience an increase in the intensity of coastal hazards in the coming decades. The latter, whose strongest stakes are economic and structural above all, should see an increase in its systemic vulnerability. Currently supported by strong stakes and ineffective risk management, it will gradually become mainly favoured by the intensity of coastal hazards. This evolution should however be progressive up until 2050, with the year of 2100 marking a breaking point, both in the intensity of the hazard and in the contribution of the components to the systemic vulnerability. Faced with this observation, necessary reflections and actions must be undertaken to anticipate the future coastal risks as well as possible.

Keywords : erosion, coastal flood, coastal risks, sea-level rise, systemic vulnerability, prospective trajectory, camargue, saintes-maries-de-la-mer