



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Mise en place d'un réseau de suivi des tempêtes en PACA

Rapport final

BRGM/RP-74576-FR

Version 2 du 22 septembre 2025

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

BRGM,

Ce rapport a été vérifié le Cliquez ou appuyez ici pour entrer une date. et approuvé le Cliquez ou appuyez ici pour entrer une date. selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu contractuellement.

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Les justificatifs du contrôle qualité de ce rapport (auteur, vérificateur, approbateur) peuvent être communiqués à titre confidentiel au destinataire du rapport, à sa demande et dans le strict respect de la réglementation applicable au traitement des données à caractères personnels.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés :

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM, 2025. Mise en place d'un réseau de suivi des tempêtes en PACA. Rapport final V2. BRGM/RP-74576-FR

Synthèse

Face à l'exposition du littoral aux aléas côtiers, croissante en contexte d'élévation du niveau de la mer, l'amélioration de la connaissance des phénomènes météo-marins extrêmes et de leurs impacts apparaît comme une nécessité.

Les côtes de la région Provence-Alpes Côte d'Azur, concentrent de nombreux enjeux du fait d'une urbanisation dense, quoiqu'inégale, à proximité immédiate du rivage. Cependant, les démarches de suivi de ces phénomènes, de la dynamique côtière en général et de capitalisation des observations y apparaissent très inégales et dispersées. L'inclusion récente des phénomènes littoraux dans le périmètre des missions Référent Départemental Inondation (RDI) justifie la mise en place d'un outillage local adapté.

Ce rapport présente les travaux menés entre 2023 et 2025, subventionnés par la DREAL PACA, au titre de son rôle de coordination des missions RDI, pour mettre à jour la Base de Données historiques sur les Tempêtes d'une part, et bâtir un réseau régional de suivi de ces phénomènes d'autre part.

Le projet a ainsi permis d'enrichir la BD Tempêtes alimentée entre 2014 et 2017 (~120 événements jusqu'alors) d'une vingtaine de nouveaux phénomènes survenus entre 2017 et 2025, dont les impacts ont été documentés via de nombreuses sources (coupure de presse, BD Catnat, Fonds d'archives institutionnels, réseaux sociaux, données caméras).

Un travail de collecte de données beaucoup plus vaste (~560 événements dont 90 tempêtes à impact) a été réalisé sur les trois dernières décennies, pour lesquelles des instruments permettant de décrire physiquement les tempêtes étaient en place. L'analyse qualitative de ces données a permis de définir des seuils pour la prédiction d'impacts à la côte basés sur la hauteur significative des houles, différenciés selon les façades de la région.

Des outils concrets ont été déployés pour rendre le réseau opérationnel : bulletins de mobilisation, bulletins post-événement, interfaces de saisie (smartphone et bureau), et accès aux données via l'Observatoire Régional des Risques Majeurs (ORRM).

Deux saisons de suivi (2023-2024 et 2024-2025) ont permis de tester et améliorer ces dispositifs et font l'objet d'une description détaillée.

Les outils mis en place permettent aux différents missions RDI des DDTM (seuls membres du réseau hors BRGM et DREAL) d'avoir accès à des prévisions spatialisées des impacts attendus ainsi qu'à des informations synthétisant les caractéristiques physiques d'une tempête dans les heures qui suivent son passage.

A l'heure actuelle, l'opérationnalité des outils contraste avec celle des observateurs. A ce jour, aucune remontée d'information n'est effectivement réalisée de manière pérenne et régulière (hors terrain BRGM et images caméras), bien que des contributions ponctuelles soient envisagées. Ainsi l'alimentation continue de la BD Tempêtes n'est pas assurée en ce qui concerne les données d'impact.

L'implication de nouveaux membres et observateurs potentiels à l'échelle des collectivités et de leurs EPCI (entre autres acteurs institutionnels), apparaît comme une orientation prioritaire à fixer à courte échéance, de manière à mettre en œuvre les outils et à compiler des observations de terrain dès la saison 2025-2026.

Sommaire

1. Introduction	8
1.1. Contexte.....	9
1.2. Base de données d'observation des tempêtes en PACA.....	12
2. Mise à jour de la Base de Données Tempêtes	14
2.1. Compilation de données descriptives des tempêtes	14
2.1.1. <i>Sources des données d'impacts</i>	14
2.1.2. <i>Caractérisation des tempêtes d'un point de vue physique</i>	21
2.1.3. <i>Description du jeu de données collectées et mise à disposition</i>	24
2.2. analyse des données collectées pour la définition de seuils et l'envoi de bulletins de mobilisation.....	25
2.2.1. <i>Méthodologie d'analyse</i>	26
2.2.2. <i>Résultats et interprétation</i>	29
3. Mise en place d'outils opérationnels pour le réseau de suivi des tempêtes	36
3.1. Déclenchement des suivis.....	36
3.2. Bulletins de mobilisation	38
3.3. Bulletins post-événement	40
3.4. Outils de saisie des observations	41
4. Bilan du Réseau Tempêtes PACA.....	43
4.1. Saison 2023-2024	43
4.1.1. <i>Tempête Aline du 20 octobre 2023</i>	44
4.1.2. <i>Tempête Carlotta du 3 mars 2024</i>	48
4.1.3. <i>Tempête Monica du 9 et 10 mars 2024</i>	50
4.2. Saison 2024-2025	51
4.2.1. <i>Tempête Martinho du 21 mars 2025</i>	53
4.3. Animation du réseau et communication	54
5. Conclusion et perspectives.....	55
6. Bibliographie	56

Liste des figures

Figure 1 : directions et intensité des tempêtes mesurées aux différents houlographes du réseau régional (source : Cerema).....	10
Figure 2 : extraits des Atlas des dynamiques et évolutions du littoral couvrant la côte méditerranéenne métropolitaine (source : Cerema, 2023 et 2024a)	11
Figure 3 : modèle d'organisation de la base de données Tempête PACA	13
Figure 4 : extrait d'article de presse constatant un phénomène de submersion à Marseille lors de la tempête Aline du 23 octobre 2023 (source : Actu Marseille)	15
Figure 5 : constats de dégâts publiés sur X à Cavalaire-sur-Mer suite à la tempête du 23 novembre 2019 (source : utilisateur X).....	16
Figure 6 : constats de dégâts publiés sur Facebook dans le port de Carro suite à la tempête du 10 mars 2024 (source : SNSM Carro)	16

Figure 7 : submersion (franchissement par paquets de mer) filmée en direct lors de tempête du 14 décembre 2008 au Mourillon (Toulon) et publiée sur Youtube (source : utilisateur Youtube)	17
Figure 8 : coup de Mer documenté sur la Corniche à Marseille le 11 décembre 2017 (source : DDTM13)	18
Figure 9 : localisation des caméras présentant un potentiel pour le suivi des tempêtes en PACA (fond : Google Maps)	20
Figure 10 : submersion (franchissement par paquets de mer) observée au Mourillon lors de la tempête du 03 mars 2024 (source : Skaping)	20
Figure 11 : submersion (franchissement par paquets de mer) observée à Nice lors de la tempête du 20 décembre 2019 (source : ViewSurf)	21
Figure 12 : cartographie des principales stations de mesure des paramètres météo-marins sur la façade littoral (fond : Bing Aerial)	22
Figure 13 : capture d'écran de l'interface du Réseau Tempête sur l'Observatoire Régional des Risques Majeurs	24
Figure 14 : aperçu de l'opérateur de recherche multicritère	25
Figure 15 : exemple de fiche associée à la tempête Aline du 20 octobre 2023	25
Figure 16 : sectorisation du littoral en tronçons d'exposition globale homogène (fond : Google Maps, 2025)	27
Figure 17 : morphodynamique des cordons dunaires associée à différents régimes de tempêtes (source : Sallenger, 2000)	28
Figure 18 : exemples d'urbanisation marquée à proximité immédiate du rivage (source : Terrain BRGM et utilisateur Facebook)	30
Figure 19 : niveaux de submersion observés lors des tempêtes, par « zone d'exposition homogène », selon le niveau marin et la hauteur significative de houle, mesurés au niveau des instruments de référence	31
Figure 20 : niveaux de dommage observés lors des tempêtes, par « zone d'exposition homogène », selon le niveau marin et la Hauteur significative de houle, mesurés au niveau des instruments de référence	32
Figure 21 : niveaux de submersion recensés lors des tempêtes par sur la zone Antibes - Menton, selon la hauteur significative ($H_{1/3}$ en m) et la direction (en °)	33
Figure 22 : niveaux de submersion recensés selon le niveau marin et la hauteur significative des houles lors de tempêtes sur les sites d'Eze et Nice et configuration des plages associées	33
Figure 23 : niveaux de submersion gradués en fonction de la hauteur de houle observée au Mourillon à Toulon (source : Caméra Skaping et Hervé Billon)	34
Figure 24 : schéma synthétique du fonctionnement du réseau Tempête	36
Figure 25 : schéma de déclenchement des protocoles associés aux différents seuils	37
Figure 26 : sectorisation des futurs bulletins de mobilisation	38
Figure 27 : pages de garde des futurs bulletins de mobilisation du réseau Tempête sur les façades Ouest (à gauche) et Est (à droite) de la région	39
Figure 28 : exemple de bulletin émis suite à la tempête Monica du 9 mars 2024	40
Figure 29 : aperçus de l'interface de saisie smartphone i-InfoTerre	41

Figure 30 : aperçu de l'interface de saisie bureau	41
Figure 31 : série temporelle des hauteurs significatives de houles mesurées au niveau des quatre houlographes de la région sur la période d'activité du réseau en 2023-2024.....	44
Figure 32 : submersion observée dans l'Ouest Var le 20/10/2023	45
Figure 33 : débordement constaté dans les ports du Var le 20 octobre 2023	46
Figure 34 : érosion du cordon dunaire aux Sablettes (La-Seyne-Sur-Mer) le 20/10/2023	46
Figure 35 : rupture du cordon dunaire et dégradation de la route du Sel au niveau du tombolo de la Presqu'île de Giens à Hyères le 20/10/2023	47
Figure 36 : cartographie des impacts recensés lors de la tempête Aline du 20 octobre 2023 (source : ORRM)	48
Figure 37 : témoignages de submersion recensés sur Facebook à la suite de la tempête du 3 mars 2024	49
Figure 38 : front de mer du Lavandou lors de la tempête du 3 mars 2024 (source : Viewsurf)..	49
Figure 39 : Plage du Mourillon lors de la tempête du 3 mars 2024 (source : Skaping).....	50
Figure 40 : impacts recensés via Facebook suite à la Tempête Monica aux Saintes-Marie-de-la-Mer (Photo du haut), à Sausset-les-Pins (Photo en bas à gauche) et à Carqueiranne (Photo en bas à droite)	51
Figure 41 : série temporelle des hauteurs significatives de houles mesurées au niveau des quatre houlographes de la région sur la période d'activité du réseau en 2024-2025.....	53

Liste des annexes

Annexe 1 : Exemple de bulletin de mobilisation émis le 9 mars 2024.....	57
---	----

1. Introduction

Face à l'exposition du littoral aux aléas côtiers, croissante en contexte d'élévation du niveau de la mer, l'amélioration de la connaissance des phénomènes météo-marins extrêmes apparaît comme une nécessité.

Les côtes de la région Provence-Alpes Côte d'Azur, concentrent de nombreux enjeux du fait d'une urbanisation dense, quoiqu'inégale, à proximité immédiate du rivage. Cependant les démarches de suivi de ces phénomènes, de la dynamique côtière en général et de capitalisation des observations y apparaissent très inégales et dispersées (BRGM, RP-65919-FR, 2016).

A l'échelle nationale, la feuille de route du Service Central Vigicrue a récemment inscrit l'action 2.6 visant à consolider l'outillage des missions Référent Départemental Inondation (RDI) sur le littoral suite à l'inclusion des phénomènes littoraux dans le périmètre de ces missions¹.

Le BRGM a mis en place une base de données nationale pour la capitalisation des observations relatives aux tempêtes ainsi que des réseaux de suivi dans différentes régions depuis plus d'une décennie. En Occitanie, un réseau financé par la Direction Régionale de l'Équipement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) a vu le jour en 2011. Il fait l'objet depuis, de nombreuses innovations en termes d'outils de mobilisation, de collecte et de partage de la donnée (BRGM, RP-60694-FR, 2012 ; BRGM, RP-73859-FR, 2024).

En PACA, les démarches entreprises par la DREAL et le BRGM en 2014 ont abouti à la compilation d'une base de données régionale dont l'alimentation s'est arrêtée en 2017. La reprise de ces travaux et leur prolongation avec la construction d'un réseau de suivi opérationnel a été subventionnée par la DREAL fin 2023 dans le cadre de son rôle d'appui et de coordination des missions RDI.

Entre 2023 et 2025, le BRGM a donc réalisé un travail de mise à jour de la base de données (BD Tempêtes) et de rafraîchissement de l'interface d'accès à ces dernières via l'Observatoire Régional des Risques Majeurs (ORRM).

Les outils de mobilisation et de capitalisation développés dans les autres réseaux tempêtes ont été importés et adaptés au territoire de la région PACA. Les données compilées au sein de la BD Tempêtes ont fait l'objet d'une analyse pour définir des seuils pertinents pour l'émission de bulletins d'alerte à l'échelle de la façade littorale.

Un noyau de contributeurs et d'observateurs potentiels a été constitué autour des services RDI des trois Directions Départementales des Territoires et de la Mer (DDTM des Bouches-du-Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes).

¹ Ministère de la transition écologique et solidaire, ministère de l'Intérieur, *Note technique du 29 octobre 2018 relative à l'organisation des missions de référent départemental pour l'appui technique à la préparation et à la gestion de crises d'inondation sur le territoire national*, 5p. <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=44107>

1.1. CONTEXTE

Chaque année, le littoral méditerranéen est soumis à plusieurs épisodes de tempêtes, en particulier en période hivernale. Chaque épisode possède des caractéristiques différentes (hauteurs de vagues, niveau marin, vitesse des vents, secteurs de provenance, etc.).

Les tempêtes résultent soit de situations barométriques d'échelle zonale, c'est-à-dire résultant de la disposition et de la circulation des grandes masses sur l'hémisphère nord, soit de situations plus locales en relation avec la formation de cellules orageuses formées par une forte convection thermique sur la mer.

La Méditerranée occidentale est ainsi considérée comme un lieu de cyclogénèse active, ce qui explique, en partie, l'occurrence des tempêtes. Celles-ci y sont plus fréquentes en saison hivernale, d'octobre à avril, en raison de la disposition des champs de pression, et en particulier la faiblesse de l'influence de l'anticyclone centré sur les Açores. Elles résultent également de conditions aérologiques typiques qui déterminent la direction des vents et en conséquence celle de la houle.

De manière très schématique, on distingue deux types de tempêtes auxquels s'ajoutent les épisodes dits « cévenols » (Tableau 1). La provenance de ces grands types de phénomène est synthétisée sur les graphiques directionnels associés aux différents houlographes du réseau régional (Figure 1).

Tableau 1 : tableau récapitulatif des différents types de tempêtes en Méditerranée occidentale (Source : Tirard, 2010)

	Vents	Houle	Caractéristiques
Tempêtes liées à des fronts horizontaux	Sud-Est	Sud-Est	Dépression centrée sur le Golfe de Gascogne couplée à un anticyclone en Europe centrale
Tempêtes liées à des fronts verticaux	Nord-Est	Est	Système dépressionnaire sur les Baléares Vaste anticyclone sur la Sibérie
	Est à Sud-Est	Sud-Sud-Est	Dépression sur les Baléares couplée à un anticyclone centré sur l'Irlande
Tempêtes liées à des épisodes cévenols	Sud-Ouest à Sud-Est	Secteur Sud à Sud-Est	Dépression centrée sur l'Atlantique Flux de Sud accompagné de fortes pluies

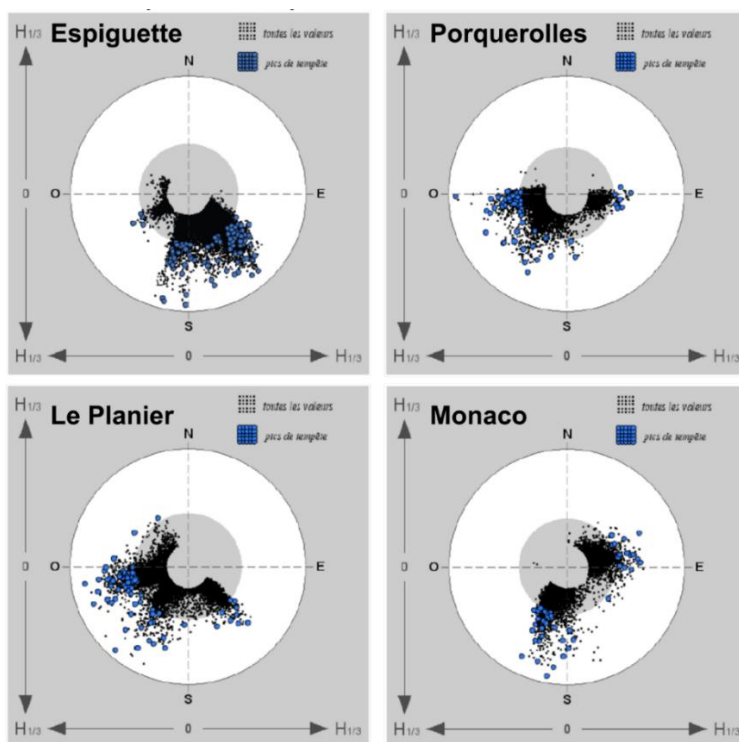


Figure 1 : directions et intensité des tempêtes² mesurées aux différents houlographes du réseau régional (source : Cerema)

Les impacts occasionnés par les tempêtes découlent de la dynamique hydrosédimentaire (submersion ; érosion / dépôts) associé aux événements et varient fortement à l'échelle régionale du fait de l'hétérogénéité morphologique de la côte en PACA (côte sableuse ou rocheuse, plage de poche ou plage « ouverte », orientation, etc.) et du degré d'aménagement de cette dernière, parfois très proche du rivage (Figure 2).

² Intensité définie sur la base des hauteurs significatives de houles (Hs) assimilé au H1/3, soit la moyenne des hauteurs du tiers des plus fortes vagues

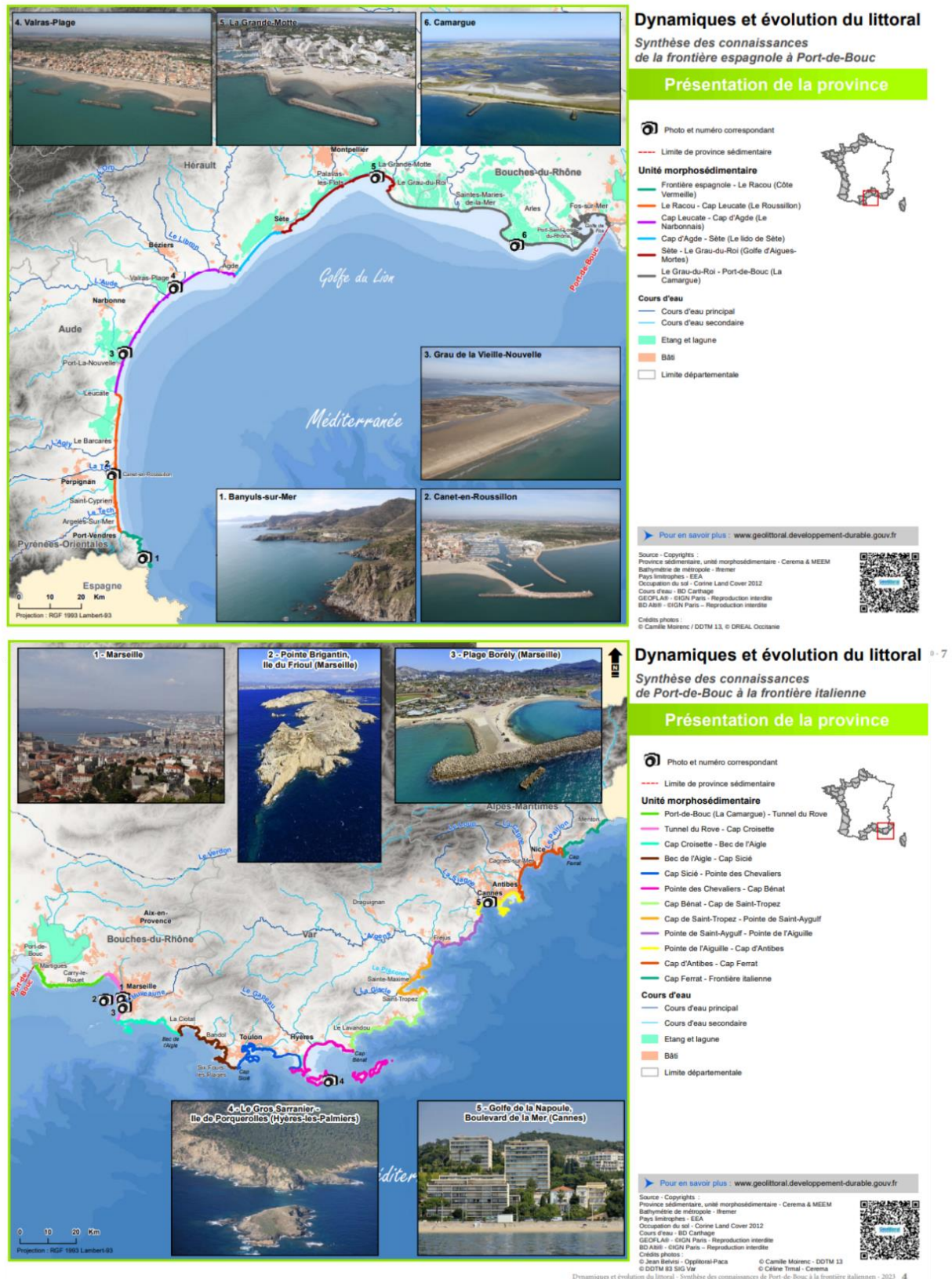


Figure 2 : extraits des Atlas des dynamiques et évolutions du littoral couvrant la côte méditerranéenne métropolitaine (source : Cerema, 2023 et 2024a)

1.2. BASE DE DONNEES D'OBSERVATION DES TEMPETES EN PACA

En 2014, en partenariat avec la DREAL PACA, le BRGM a réalisé un inventaire des tempêtes historiques à l'échelle de la région (RP-64157-FR, 2014). 118 événements avaient alors été recensés et documentés en termes d'impact depuis 1694 dont 58 sur la période 2000-2014.

La collecte des données s'était alors appuyée sur :

- La base de données des Catastrophes naturelles (BD Gaspar) ;
- La liste des événements marquants de Météo-France ;
- Une recherche Bibliographique dans la presse régionale ;
- La sollicitation des services déconcentrés de l'Etat (DDTM13, DDTM83, DDTM06).

En 2014, la base de données ainsi constituée n'avait pas fait l'objet d'une analyse spécifique. Le classement des constats de dégâts associés à des tempêtes par commune révélait néanmoins une sur-représentation des zones basses (Camargue et Plaine du Ceinturon et Tombolo de Giens à Hyères) ainsi que celle des grandes agglomérations du littoral (Marseille, Nice, Toulon, Cannes, Antibes, La Seyne-sur-Mer).

Tableau 2 : nombre d'événements associés à des dégâts recensés par commune dans l'inventaire de 2014

Commune	Nombre d'entrées
Saintes-Maries-de-la-Mer	224
Hyères	57
Nice	57
Marseille	45
Arles	43
Toulon	39
Cannes	35
Antibes	34
La Seyne-sur-Mer	27
Saint-Raphaël	21
Port-Saint-Louis-du-Rhône	17
Bormes-les-Mimosas	12
Cagnes-sur-Mer	12
Saint-Laurent-du-Var	12
Cassis	11
Villefranche-sur-Mer	11
Bandol	10
Eze	10
Le Lavandou	10
Menton	10

La base de données Tempête, au format *Postgres*³ reprend le modèle des BD préexistantes en Occitanie et dans d'autres régions (Figure 3).

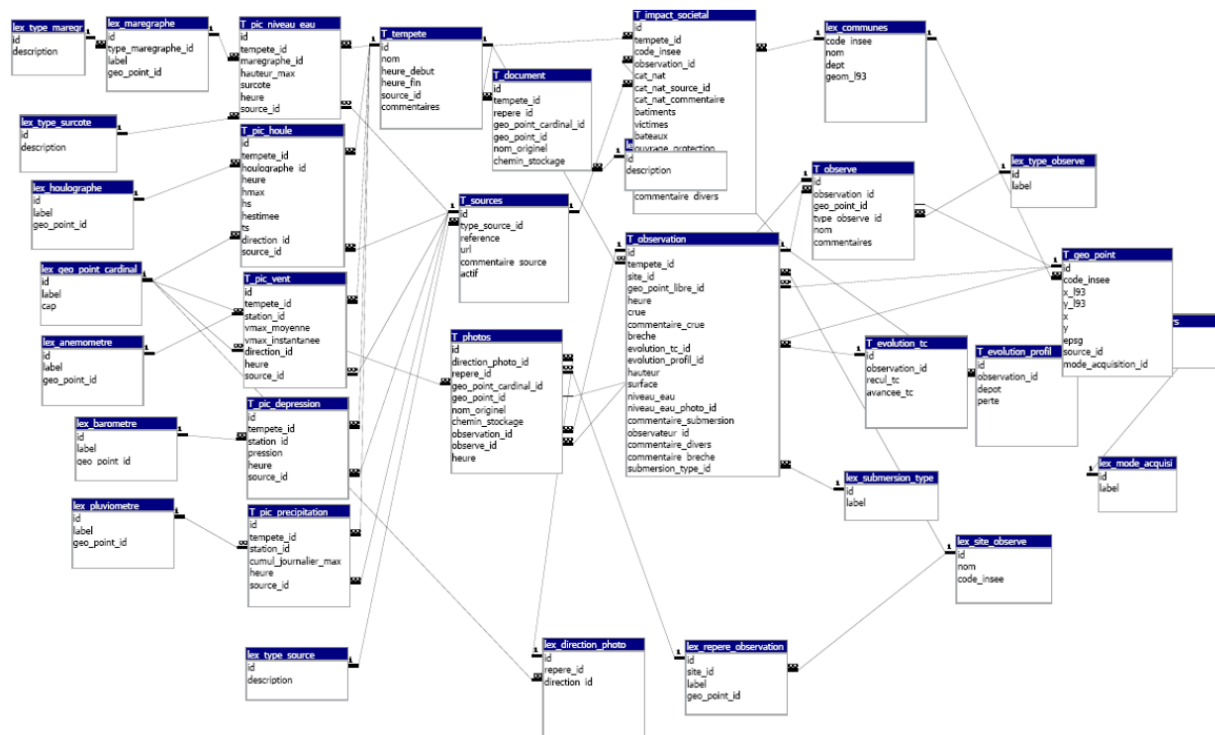


Figure 3 : modèle d'organisation de la base de données Tempête PACA

Ces données ont été actualisées jusqu'en 2017. Le travail réalisé entre 2024 et 2025 poursuit l'objectif d'actualiser cette base et de mettre en place un réseau d'observation pour continuer à l'alimenter au fil des événements qui affectent le littoral.

³ Postgres ou PostgreSQL est un système de base de données relationnelle-objet puissant et open source, qui utilise le langage SQL. Il permet de gérer, de façon fiable et sécurisée, des volumes de données importants et complexes. Ces fonctionnalités avancées permettent une adaptation à la croissance des besoins.

2. Mise à jour de la Base de Données Tempêtes

2.1. COMPILATION DE DONNEES DESCRIPTIVES DES TEMPETES

Afin de densifier la base de données existante et de collecter des informations sur les événements postérieurs à 2017, deux démarches complémentaires ont été mises en œuvre :

- La recherche directe de données d'impacts à partir :
 - o De fonds d'archive de presse ;
 - o De publications sur divers réseaux sociaux ;
 - o De sollicitations des services de l'Etat, collectivités et autres acteurs institutionnels ;
 - o De la base de données Gaspar (arrêtés CATNAT) ;
- Recensement d'intervalles temporels caractérisables comme des tempêtes d'un point de vue physique, à partir des données d'instrumentation et de simulation. Les dates extraites ont permis d'interroger avec précision les différentes bases de données précitées mais également d'aller rechercher des images témoins dans les archives de différentes webcams implantées sur le littoral.

2.1.1. Sources des données d'impacts

a) Archives de Presse

Les archives de presse constituent une des données les plus classiquement utilisées pour documenter les phénomènes historiques. Les trois principaux quotidiens du littoral régional (*La Provence*, *Var Matin*, *Nice Matin*) ont été consultés à partir des fonds d'archives de la Bibliothèque de l'Alcazar à Marseille.

En plus de ces journaux, déjà largement investigués avant 2017, la plateforme *Europresse* a également été consultée, ainsi que d'autres médias en ligne apparaissant ponctuellement dans les résultats de recherches Internet standards, portant sur un événement précisément daté (Figure 4).



Figure 4 : extrait d'article de presse constatant un phénomène de submersion à Marseille lors de la tempête Aline du 23 octobre 2023 (source : Actu Marseille)

b) Réseaux sociaux

Les réseaux sociaux permettent de densifier considérablement les sources et la fréquence des observations, du fait du grand nombre d'utilisateurs et de la facilité de partage de contenus (photos, vidéos).

Néanmoins, la veille sur ce type de support nécessite une certaine expérience quant à l'usage des mots-clefs, les pages et comptes à suivre, ainsi que la fiabilité des informations (date et localisation principalement).

Les réseaux sociaux X (Figure 5), Facebook (Figure 6) et Youtube (Figure 7) ont été consultés.

La généralisation de la veille sur ce type d'outils lors du passage d'une tempête apparaît comme une stratégie efficace qu'il conviendrait de pérenniser dans le cadre de l'animation du Réseau Tempête régional. Des pistes d'automatisation pourraient même être envisageables (Auclair et al. 2024).



Figure 5 : constats de dégâts publiés sur X à Cavalaire-sur-Mer suite à la tempête du 23 novembre 2019 (source : utilisateur X)

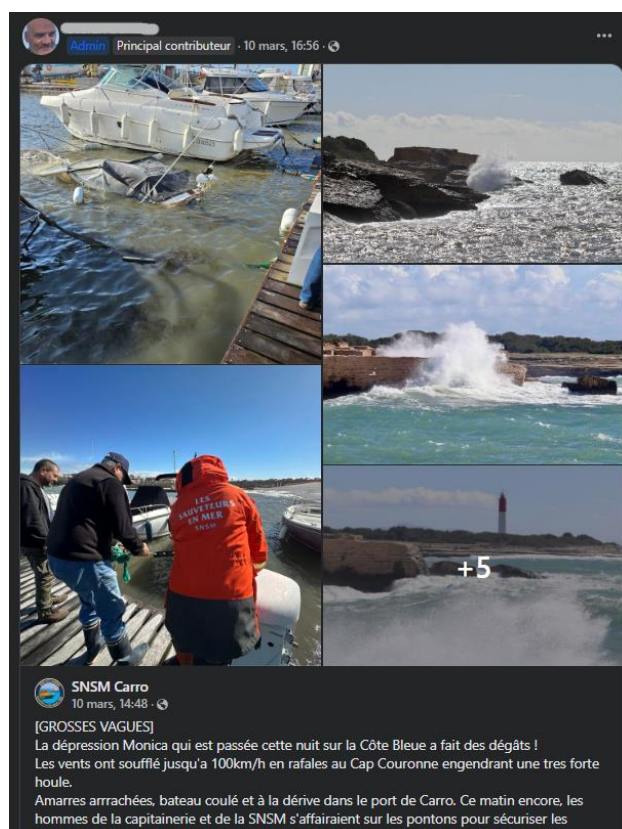


Figure 6 : constats de dégâts publiés sur Facebook dans le port de Carro suite à la tempête du 10 mars 2024 (source : SNSM Carro)

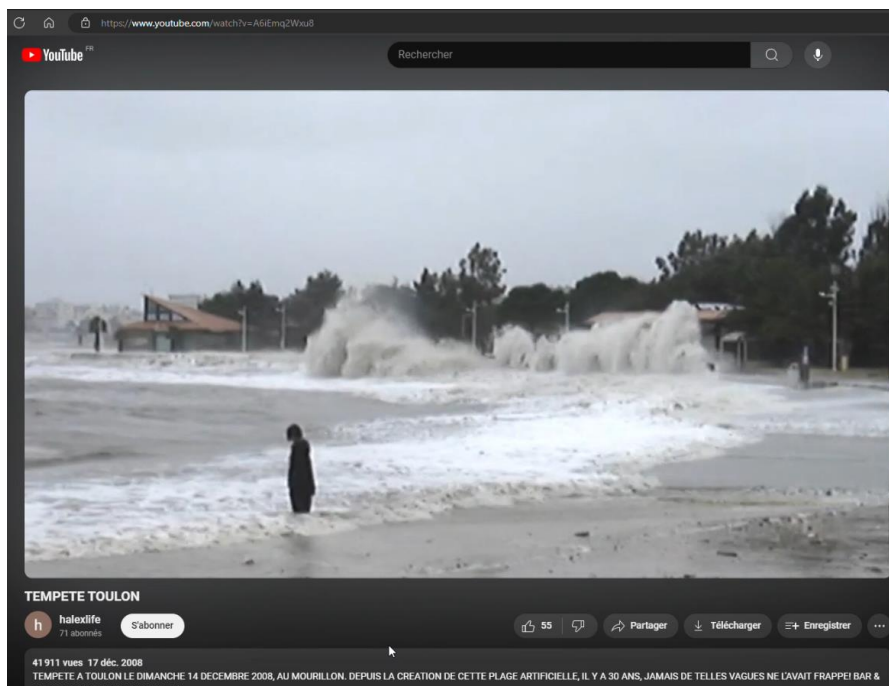


Figure 7 : submersion (franchissement par paquets de mer) filmée en direct lors de tempête du 14 décembre 2008 au Mourillon (Toulon) et publiée sur Youtube (source : utilisateur Youtube)

c) Fonds d'archives institutionnels et opérateurs

Dans le cadre du projet, les trois DDTM de la région ont été de nouveau sollicitées. Ces services ont été approchés en priorité en raison de la connaissance de la mobilisation d'agents dans le cadre de missions de surveillance et délimitation du Domaine Public Maritime.

Les DDTM constituent en effet des observateurs importants dans les autres réseaux Tempêtes régionaux (Occitanie entre autres) et il a été convenu avec la DREAL de construire le noyau dur du futur réseau en PACA autour des services de l'Etat (en charge de la mission RDI⁴ en développement sur le littoral).

Il ressort des échanges avec les DDTM que la fréquence et les modalités des suivis assurés varient significativement d'un département à l'autre (Tableau 3).

Les données fournies sont essentiellement des photographies (Figure 8).

Tableau 3 : contribution des services de l'Etat à la collecte de données historiques sur les tempêtes

DDTM	Contribution
06	Plusieurs dizaines de tempêtes suivies sur une dizaine de sites
13	Quelques dates, suivis quasi exhaustifs du littoral
83	Aucun suivi réalisé, aucune donnée communiquée

⁴ Référent Départemental Inondation



Figure 8 : coup de Mer documenté sur la Corniche à Marseille le 11 décembre 2017 (source : DDTM13)

De manière secondaire, les collectivités ou en priorité leurs EPCI ont également été sollicités par mail. Les résultats de cette enquête apparaissent extrêmement limités du fait d'une absence de réponse dans la majorité des cas (Tableau 3). La sollicitation des collectivités méritera d'être relancée, avec davantage de moyens (identification des contacts, échanges oraux ou téléphoniques à privilégier) dans le cadre des phases ultérieures du projet.

Tableau 4 : contribution des collectivités et EPCI à mise à jour de la BD Tempête

Département	Collectivité et/ou EPCI	Contribution
06	SMIAGE (EPCI)	Pas de donnée
13	Epage HUCA (EPCI)	Pas de réponse
13	Symadrem (EPCI)	Données transmises
83	Toulon-Provence-Méditerranée (Métropole)	Pas de réponse
83	La Londe les Maures	Pas de réponse
83	Bormes les Mimosas	Pas de réponse
83	Saint-Raphaël	Pas de réponse
83	Le Lavandou	Pas de réponse
83	Fréjus	Pas de réponse
83	Golfe de St-Tropez (EPCI)	Données transmises

Enfin, le Cerema qui dispose également d'une base de données recensant les tempêtes sur le littoral a été sollicité. En PACA, la base de données du Cerema intègre 9 événements dont 3 postérieurs à 2017. Les éléments renseignés dans la base ont permis d'apporter des compléments ponctuels sur les impacts déjà recensés.

d) BD Gaspar

Depuis 2017, 16 nouveaux arrêtés CATNAT correspondant à 11 tempêtes ont été publiés (sur un total de 37 depuis 1986). Les arrêtés ont permis de cibler les communes sur lesquelles des dégâts avaient été recensés pour rechercher les impacts.

Tableau 5 : récapitulatif des arrêtés CATNAT liés aux Chocs mécaniques liés à l'action vagues des concernant les communes de la région PACA

Tempêtes	Date de publication de l'arrêté au JO	Nb de communes concernées
22/01/2017	07/07/2017	1
04/03/2017	02/09/2017	2
29/10/2018 (Adrian)	30/01/2019	3
29/10/2018 (Adrian)	04/05/2019	4
22/10/2019	19/12/2019	1
22 au 23/11/2019	29/01/2020	18
22 au 23/11/2019	13/02/2020	1
20/12/2019 (Fabien)	13/03/2020	5
23/11/2019	10/07/2020	2
02/10/2020 (Alex)	08/10/2020	8
02/10/2020 (Alex)	03/12/2020	1
28/12/2020	28/03/2021	1
17/01/2023	07/07/2023	1
19 au 20/10/2023 (Aline)	28/12/2023	1
19 au 20/10/2023 (Aline)	09/02/2024	1
19 au 20/10/2023 (Aline)	27/04/2024	1

e) Données de suivi caméra

De nombreuses webcams à visée touristique ont été implantées sur les littoraux. Selon leur localisation et leur orientation, elles permettent de suivre l'état de la mer en direct et offrent la possibilité de caractériser l'impact d'un événement météo-marin à distance.

Le BRGM a passé des conventions avec trois opérateurs et récupère directement ces images caméras sur 14 secteurs localisés sur la Figure 9. Sur certains secteurs, les archives vidéo remontent jusqu'à 2018 et permettent donc de confronter systématiquement la situation à la côte avec les paramètres météo-marins collectés aux dates considérées comme de potentielles tempêtes. D'autres caméras ont été identifiées, mais les opérateurs ou maitres d'ouvrage de ces systèmes restent à contacter pour obtenir une autorisation d'utilisation de ces images à des fins de suivis des tempêtes.

La fréquence d'acquisition continue permet de statuer de manière quasi certaine sur l'existence ou l'absence d'impact en un point donné. Cette observation systématique est cruciale pour pouvoir quantifier de manière précise le niveau d'impact pour une intensité de tempête donnée et pour affiner les seuils de déclenchement du réseau.

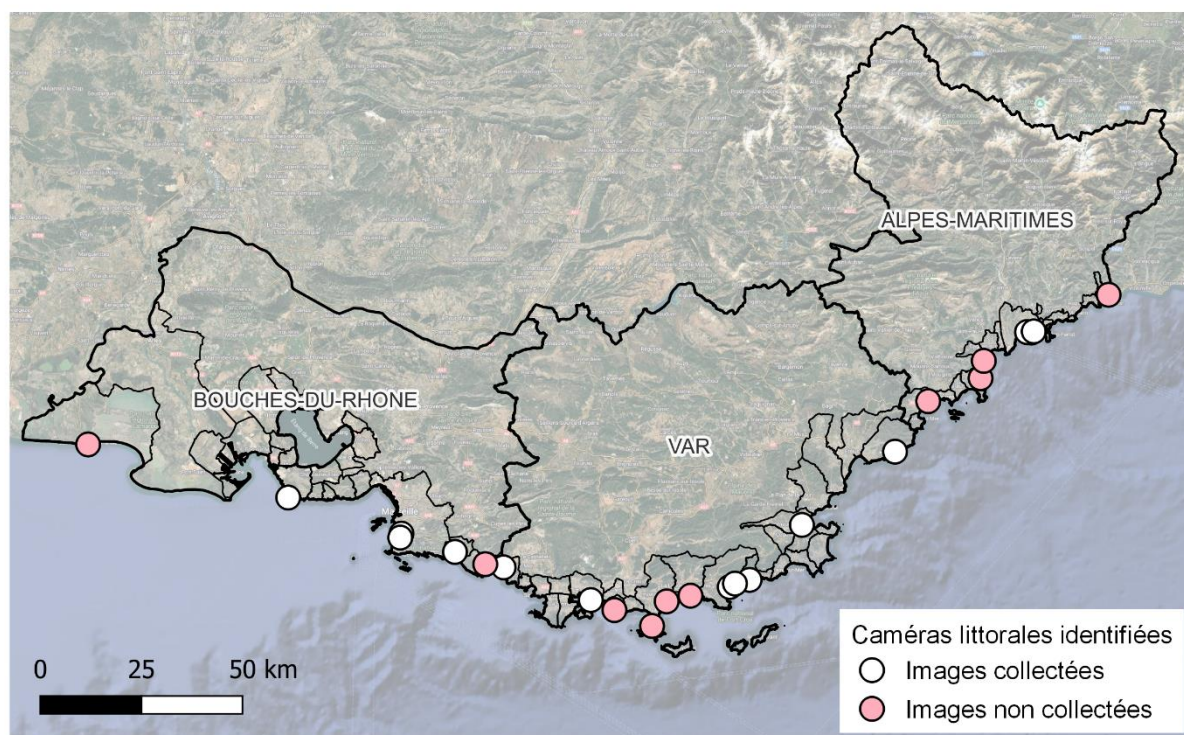


Figure 9 : localisation des caméras présentant un potentiel pour le suivi des tempêtes en PACA (fond : Google Maps)



Figure 10 : submersion (franchissement par paquets de mer) observée au Mourillon lors de la tempête du 03 mars 2024 (source : Skaping)

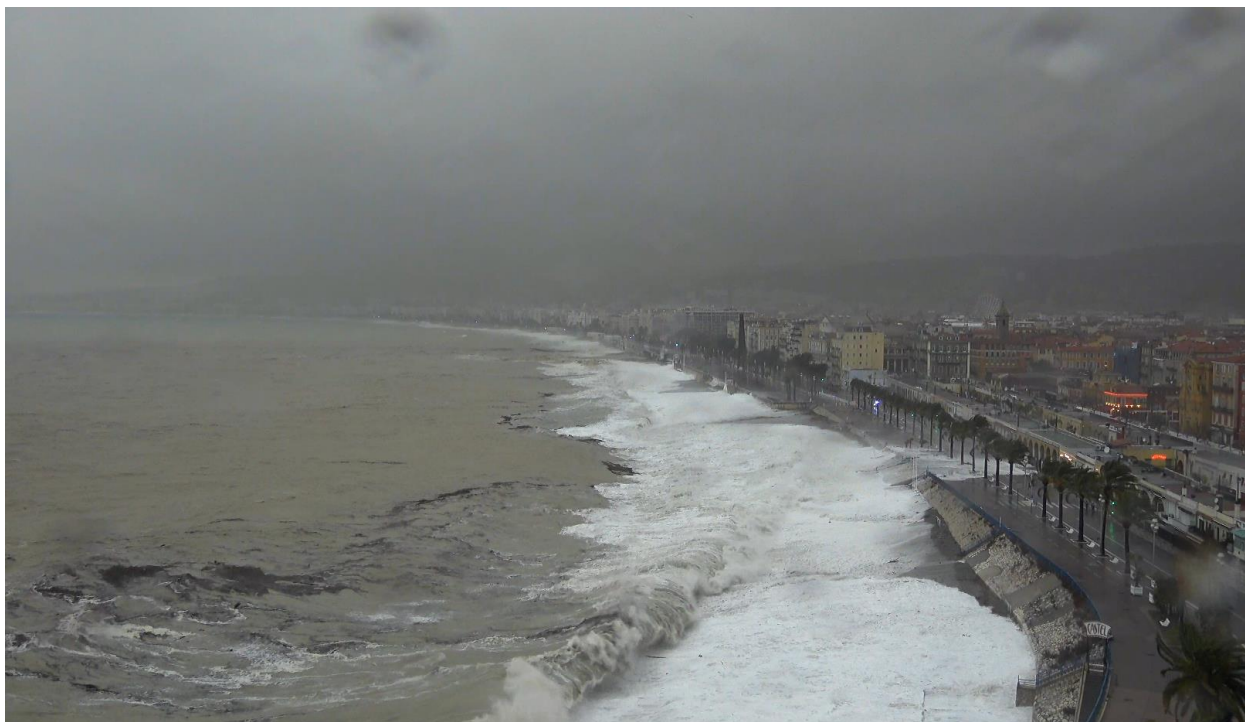


Figure 11 : submersion (franchissement par paquets de mer) observée à Nice lors de la tempête du 20 décembre 2019 (source : ViewSurf)

2.1.2. Caractérisation des tempêtes d'un point de vue physique

Outre la description des tempêtes par leurs impacts, celles-ci doivent être appréhendées et caractérisées d'un point de vue physique, à travers les processus météo-marins.

Les tempêtes peuvent être définies comme des perturbations d'origine météorologique des conditions maritimes locales (vagues et niveau d'eau) susceptibles d'affecter la morphologie du littoral et d'exposer ce dernier à des vagues, des courants et/ou des phénomènes de submersion » (Harley, 2017). La caractérisation d'une tempête à l'instant t peut ainsi se faire sur la base d'instruments mesurant et enregistrant en temps réel ces paramètres tels que les houlographes, les marégraphes ou encore les stations météorologiques (Figure 12).

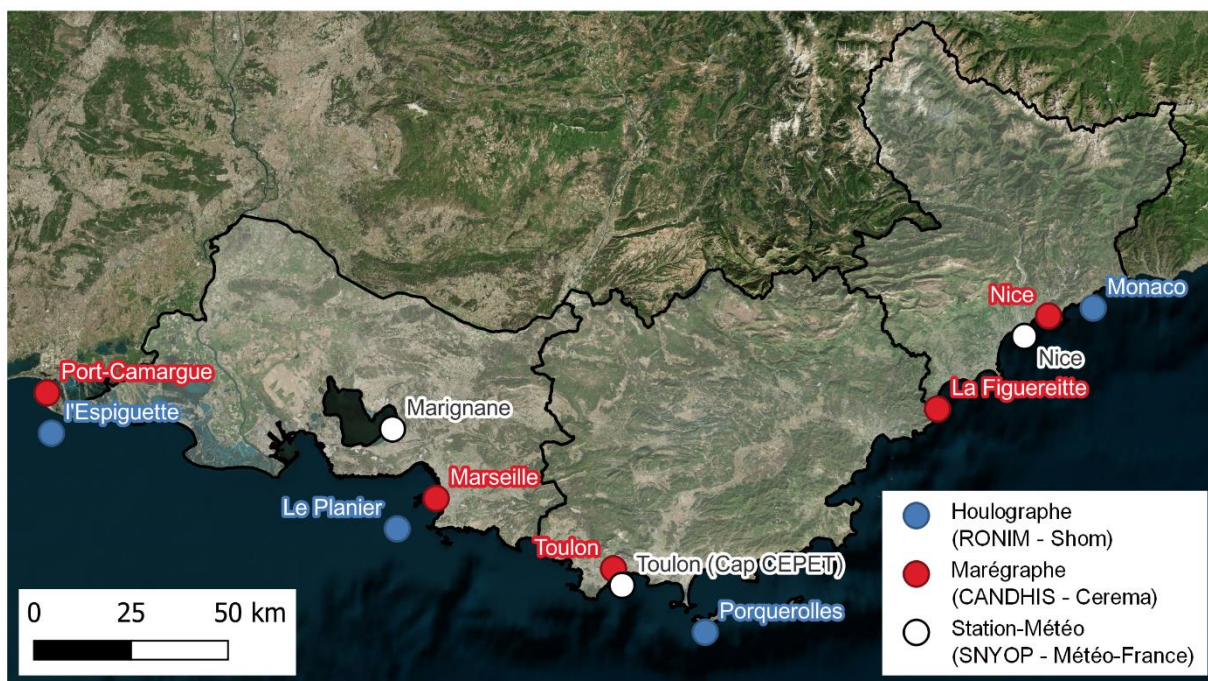


Figure 12 : cartographie des principales stations de mesure des paramètres météo-marins sur la façade littorale (fond : Bing Aerial)

Afin de caractériser une tempête, des seuils de hauteurs significatives de houle compris entre 2,5 et 3 m de hauteur sont fréquemment considérés dans la littérature scientifique car il a pu être démontré dans différents contextes similaires, qu'en deçà de ces valeurs, l'impact morphogène⁵ des phénomènes était peu significatif (Gervais *et al.*, 2011 ; Jimenez *et al.*, 2009).

Le Cerema considère comme seuil de sélection d'événements de tempête des valeurs de H1/3 (moyenne des hauteurs du tiers des plus fortes vagues) définies à partir de l'analyse de ses chroniques de vagues via la méthode POT (Peak Over Threshold). Cette méthode permet d'extraire les valeurs de H1/3 dépassant un seuil donné, L'utilisation d'un modèle probabiliste (GPD⁶) ou d'une loi exponentielle de distribution permet d'obtenir l'occurrence des extrêmes ainsi sélectionnés (Tableau 6). Toutefois, si ces seuils traduisent bien une augmentation de l'agitation, ils restent déconnectés du niveau d'impact.

En région PACA, le caractère limité des suivis réalisés, la rareté des publications et la diversité des configurations côtières ne permettent pas de trancher *a priori* sur une valeur-seuil pertinente. Une valeur de 3 m de hauteur significative (H1/3) a été considérée pour identifier et isoler des événements afin de limiter le nombre de phénomènes de moindre intensité.

⁵Impact entraînant des modifications de la morphologie des fonds et des plages

⁶ Generalized Pareto Distribution

Tableau 6 : seuils de sélection des événements de tempêtes retenus par houlographe dans l'analyse des Etats de mer (source : Cerema 2024b)

Houlographes	Valeur H1/3 retenue (m)	
	GPD	Loi exponentielle
Porquerolles	3.45	3.3
Le Planier	2.85	2.9
Monaco	2.4	2.3
Espiguette	2.55	3.1

Les données de houles les plus anciennes accessibles commencent en 1992 au niveau du houlographe de Porquerolles. Afin de compléter les données sur l'ensemble des sites de mesures, les bases d'états de mers reconstituées et mises à disposition par le Cerema (ANEMOC-2, Tiberi-Wadier *et al.* 2014) ont été mobilisées.

Tous les autres paramètres hydrodynamiques et météorologiques disponibles ont également été récupérés via DataShom (niveaux d'eau) et Météo-France (vents et pression atmosphérique).

Ainsi, un jeu de 560 événements considérés *a priori* comme des tempêtes morphogènes ont été identifiés et décrits physiquement depuis 1992. Le Tableau 7 synthétise les paramètres compilés.

Tableau 7 : synthèse des paramètres météo-marins compilés pour décrire les tempêtes

	Paramètres
Houlographes (Réseau Candhis) : - l'Espiguette - Le Planier - Porquerolles - Monaco	Durée de la tempête (dépassement du seuil de H1/3) en h
	Hauteur significative maximum (H1/3 max) en m
	Hauteur maximum en m
	Direction du Pic en °
	Période du Pic (Tp) en s
Marégraphes (Réseau RONIM) : - Marseille - Porquerolles - Nice	Niveau d'eau en m (NGF)
Station Météo France (SYNOP) : - Marignane - Toulon - Nice	Vitesse moyenne max en m/h
	Vitesse instantanée max en m/h
	Direction Moyenne en °
	Pression en hPa

2.1.3. Description du jeu de données collectées et mise à disposition

Aux 560 évènements décrits physiquement comme des tempêtes, correspondent 80 phénomènes à impacts documentés à partir des différentes sources décrites précédemment.

Sur la période 2017 – 2025, ce sont 52 évènements dont 21 tempêtes à impacts qui ont été recensés.

Seuls ces derniers évènements ont pour l'instant été ajoutés à la BD Tempête PACA. La mise à jour des données publiques antérieures à 2017 n'a pas été réalisée dans le cadre du présent projet (non prévue) et nécessitera une reprise ultérieure.

De plus, seules les données ayant fait l'objet d'une autorisation de communication de la part de leurs producteurs ont été intégrées à la base de données. Cela explique que les informations renseignées pour chaque tempête puissent apparaître inégales ou incomplètes.

Les données sont accessibles via l'Observatoire Régional des Risques Majeurs, plateforme internet centralisant la documentation sur les risques naturels en général en PACA, financé par la DREAL (<https://www.observatoire-regional-risques-paca.fr/mes-risques/reseau-tempete-paca>).



Figure 13 : capture d'écran de l'interface du Réseau Tempête sur l'Observatoire Régional des Risques Majeurs

Les fiches tempêtes sont accessibles sous forme de liste et/ou via un opérateur de recherche multicritère.

Sélection des tempêtes selon les critères

☐ date égal à

☐ avec mesure de choisir une valeur égal à

☐ ayant impacté choisir une valeur

☐ ayant causé des dommages sur choisir une valeur

☐ avec l'existence d'un arrêté de catastrophe naturelle sur la commune de choisir une valeur

☐ ayant causé une évolution du trait de côte

☐ ayant causé une évolution du profil

☐ ayant causé une brèche

☐ ayant causé une submersion

☐ ayant causé une crue

Figure 14 : aperçu de l'opérateur de recherche multicritère

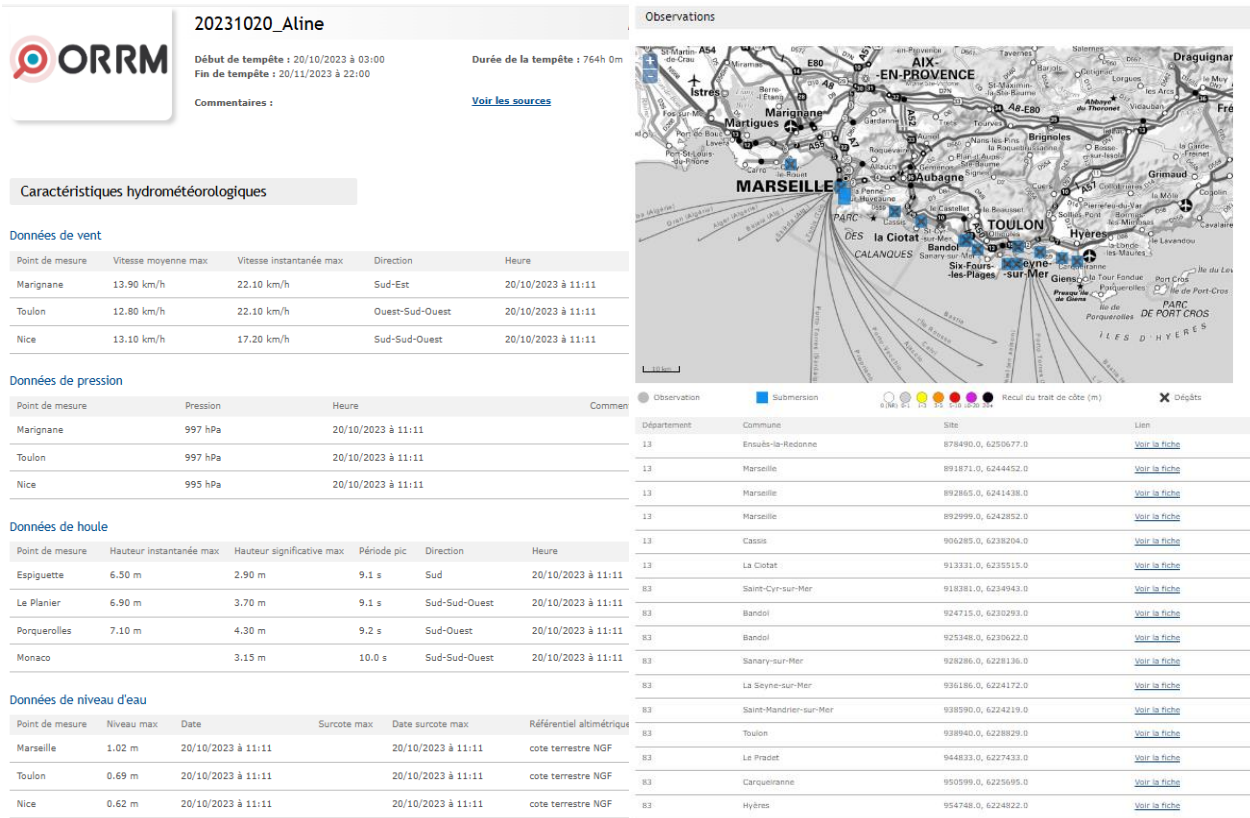


Figure 15 : exemple de fiche associée à la tempête Aline du 20 octobre 2023

2.2. ANALYSE DES DONNEES COLLECTEES POUR LA DEFINITION DE SEUILS ET L'ENVOI DE BULLETINS DE MOBILISATION

En plus de leur mise à disposition, les données collectées ont fait l'objet d'une analyse dans le but d'améliorer la prévision des phénomènes à impact et de définir des seuils, basé sur les paramètres hydrodynamiques les plus adaptés pour les outils de mobilisation mis en place dans le cadre du réseau d'observation (Chapitre 3).

2.2.1. Méthodologie d'analyse

Echelle d'analyse :

La définition de seuils morphogènes et d'impacts devrait être idéalement menée à l'échelle de sites pour lesquels les conditions d'exposition sont uniformes et stables dans le temps et pour lesquels on dispose de données d'impact à relativement haute fréquence.

De fait, la configuration morphologique du littoral (falaise ou plage, orientation, indentation de la côte) implique des conditions d'exposition très diversifiées qui rendent peu pertinente la comparaison de plusieurs sites. De plus, les données d'observation correspondent dans la majorité des cas à des constats effectifs d'impacts. Or l'absence d'observation ne permet pas de trancher sur l'absence d'impacts.

Le jeu de données collecté est très hétérogène et contraint les possibilités de réaliser des analyses spatiales de répartition des impacts :

- On observe des disparités à l'échelle régionale, avec des secteurs beaucoup plus représentés que d'autres. Cela pourrait davantage témoigner de la variabilité de la mobilisation des observateurs et de la remontée effective des informations que des disparités réelles d'exposition du littoral aux tempêtes. Néanmoins, cela invite à considérer les données avec précaution ;
- On observe des disparités à l'échelle locale, avec des sites pour lesquels il existe des observations relativement fréquentes et inversement des sites qui n'apparaissent que très rarement dans les constats d'impact.

Pour cette raison, l'analyse a été menée à différentes échelles :

- A l'échelle infra-régionale, les données ont été compilées par secteur à exposition globalement homogène, en considération de l'orientation de la côte (9 secteurs ; Figure 16) ;
- A l'échelle locale, les données ont pu être analysées sur des sites spécifiques pour lesquels un nombre d'observations suffisant rendaient l'analyse pertinente (~dizaine d'évènements voire plus).

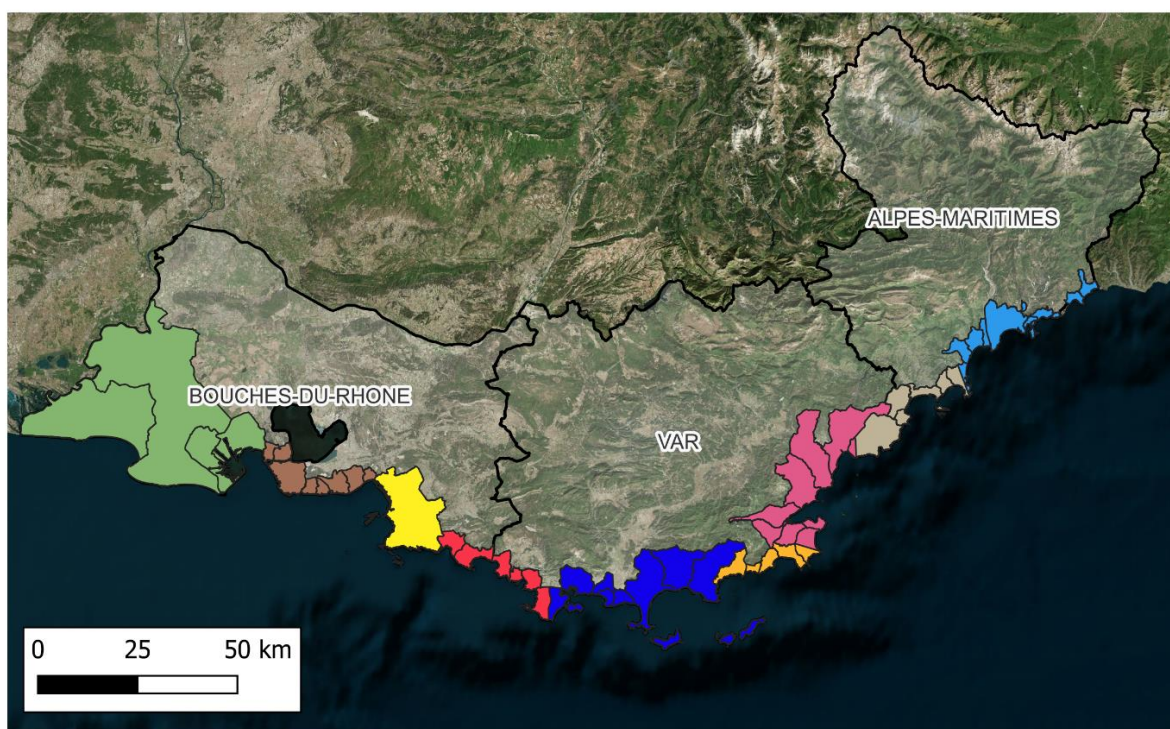


Figure 16 : sectorisation du littoral en tronçons d'exposition globale homogène (fond : Google Maps, 2025)

Qualification du niveau d'impact :

D'un point de vue morphodynamique, l'impact d'une tempête est tributaire du régime de submersion associé aux niveaux topographiques effectivement atteints par la mer et résultant des effets de la houle, de la marée, de la surcote atmosphérique. On définit classiquement différents types de régimes en fonction du niveau total atteint par l'eau et de la morphologie/altimétrie du littoral (Figure 17).

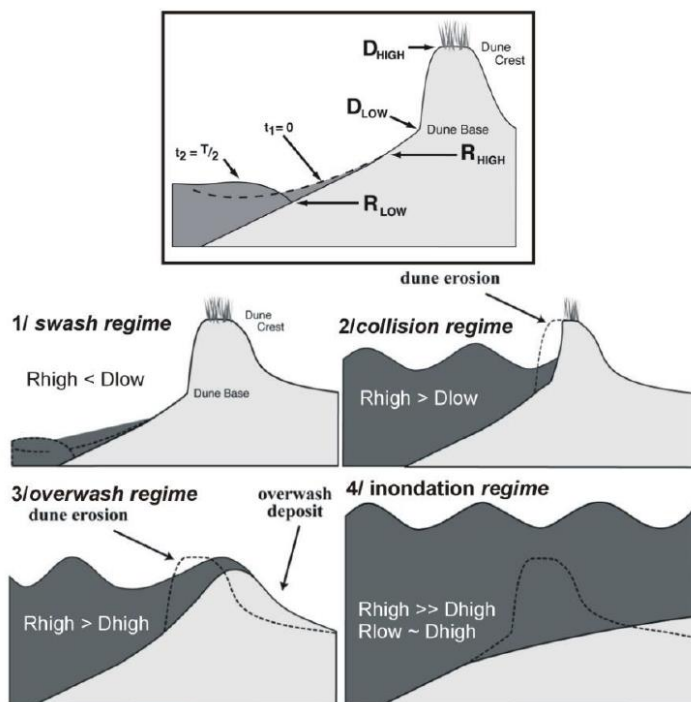


Figure 17 : morphodynamique des cordons dunaires associée à différents régimes de tempêtes (source : Sallenger, 2000)

En pratique, au sein de la base de données, les constats les plus documentés concernent des phénomènes de submersion (100% des tempêtes à impacts) et des dommages matériels. Les observations relatives à la dynamique sédimentaire (constats d'érosion, ensablement, etc.) sont pour leur part très peu nombreux (< 10 dates).

De plus, le degré d'intensité des impacts n'est pas toujours renseigné avec précision, du fait de l'hétérogénéité des informations (éléments textuels plus ou moins vagues, mesures précises, photographies, etc.).

Afin d'adapter l'échelle de Sallenger aux littoraux hétérogènes et très artificialisés de la région PACA (cordons dunaires relativement rares hors Camargue), ainsi qu'aux données collectées, une grille de classification du niveau d'impact a été proposée par type d'impacts dans le but d'objectiver une analyse qualitative des observations.

Tableau 8 : grille de classification du niveau d'impact retenue pour l'analyse des seuils

Type d'impact	Niveau d'impact	Description
submersion	1	mer calme
	2	plage recouverte
	2.5	submersion des premiers enjeux en bord de mer
	3	submersion par paquets de mers
	4	submersion par paquets de mers / débordements
	5	débordement généralisé
érosion	1	phénomène d'érosion
	2	brèche
dommages	1	dommage en mer (bateaux)
	2	atteintes des premiers enjeux (dommages incertains)
	2.5	dommages légers et/ou en bord de mer
	3	dommages lourds et/ou éloignés du bord de mer

2.2.2. Résultats et interprétation

Bien que très inégales et hétérogènes, les données agglomérées à l'échelle de secteurs homogènes mettent en évidence un certain niveau de gradation des impacts en fonction des paramètres hydrodynamiques. Les types d'impact pour lesquels la gradation est la plus marquée sont la submersion et, dans une moindre mesure, le niveau de dommages. Les données relatives à la dynamique sédimentaire sont pour leur part trop limitées pour en proposer une analyse détaillée.

Différents paramètres météo-marins ont été étudiés. Néanmoins il ressort des données que la hauteur significative de houle (Hs définie ici par le H1/3), constitue le facteur dont l'influence est la plus visible. D'autres facteurs sont fortement corrélés à ce dernier (Hauteur Max ; Période du pic ; Niveau d'eau) et n'apportent pas de précision supplémentaire pour définir des seuils.

Les données démontrent globalement une absence de déformation significative du plan d'eau à la côte en deçà de ~2 m de Hs de houle mesurés au large par les différents houlographes.

Entre 2 et 3 m, les plages tendent à être partiellement ou totalement recouvertes mais avec une absence de dégâts matériels (et *a priori* une dynamique érosive peu marquée). Cela étant, sur les Alpes-Maritimes et sur le secteur Antibes – Menton en particulier, l'atteinte des enjeux par la houle, associée à un niveau de dommages incertain à léger est observée pour des hauteurs inférieures de l'ordre de ~2 à 2,5 m. Cela s'explique vraisemblablement par le fort degré d'urbanisation directement sur les plages ou à proximité immédiate du rivage (Figure 18).



Figure 18 : exemples d'urbanisation marquée à proximité immédiate du rivage (source : Terrain BRGM et utilisateur Facebook)

En règle générale, sur le reste du littoral on observe une absence quasi-totale de phénomènes de submersion en deçà de hauteurs significatives de houles inférieures à ~3 m.

Entre 3 et 4 m de hauteur de houle, les dommages recensés sont plutôt légers et/ou concentrés sur le bord de mer. La plupart des dommages lourds ou recensés à une distance relativement conséquente du rivage sont observés au-delà de 4 m. Ces seuils tendent, là encore, à être abaissés dans les Alpes-Maritimes et sur certains sites Varois (~3,5 m).

Ces grandes tendances masquent en réalité la réponse spécifique de chaque site et il va de soi que la direction des houles demeure un paramètre absolument déterminant pour analyser l'impact des tempêtes à l'échelle d'un secteur donné (Figure 21).

Au-delà de l'orientation, la configuration morphologique est prépondérante. Ainsi, dans les Alpes-Maritimes par exemple, le site d'Eze présente une orientation spécifique, une largeur de plage et une contrainte topographique très différentes de la grande plage de Nice. Sur le premier site, l'atteinte des enjeux est possible avec un Hs ~2 m (voire inférieur), tandis qu'à Nice, les impacts observés sont beaucoup plus graduels.

Dès lors que l'on s'intéresse à des sites spécifiques pour lesquels on dispose d'une donnée collectée à haute fréquence (équipement caméra relativement ancien), la gradation apparaît encore plus nette. C'est par exemple le cas sur le site du Mourillon (Figure 23)

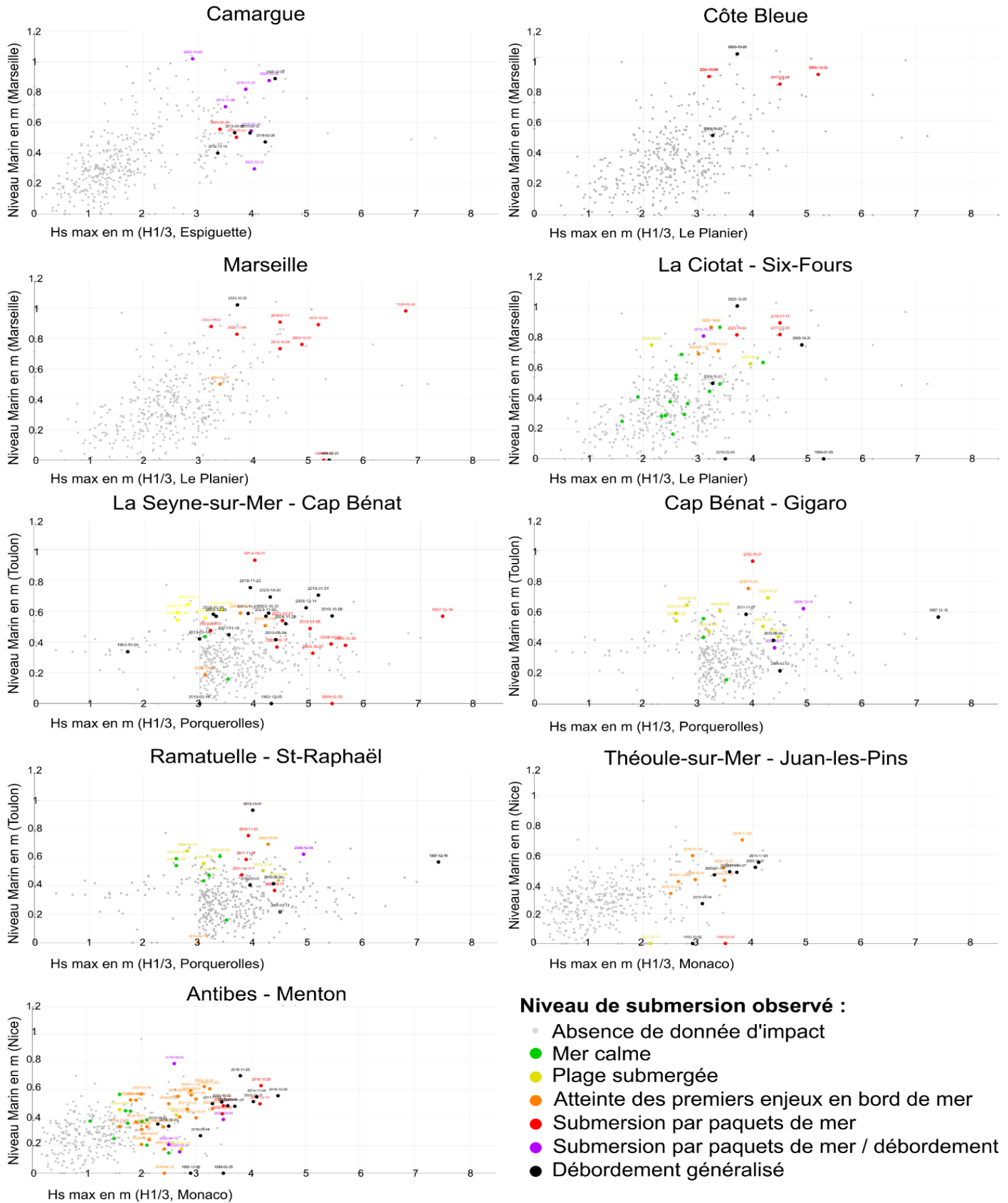


Figure 19 : niveaux de submersion observés lors des tempêtes, par « zone d'exposition homogène », selon le niveau marin et la hauteur significative de houle, mesurés au niveau des instruments de référence

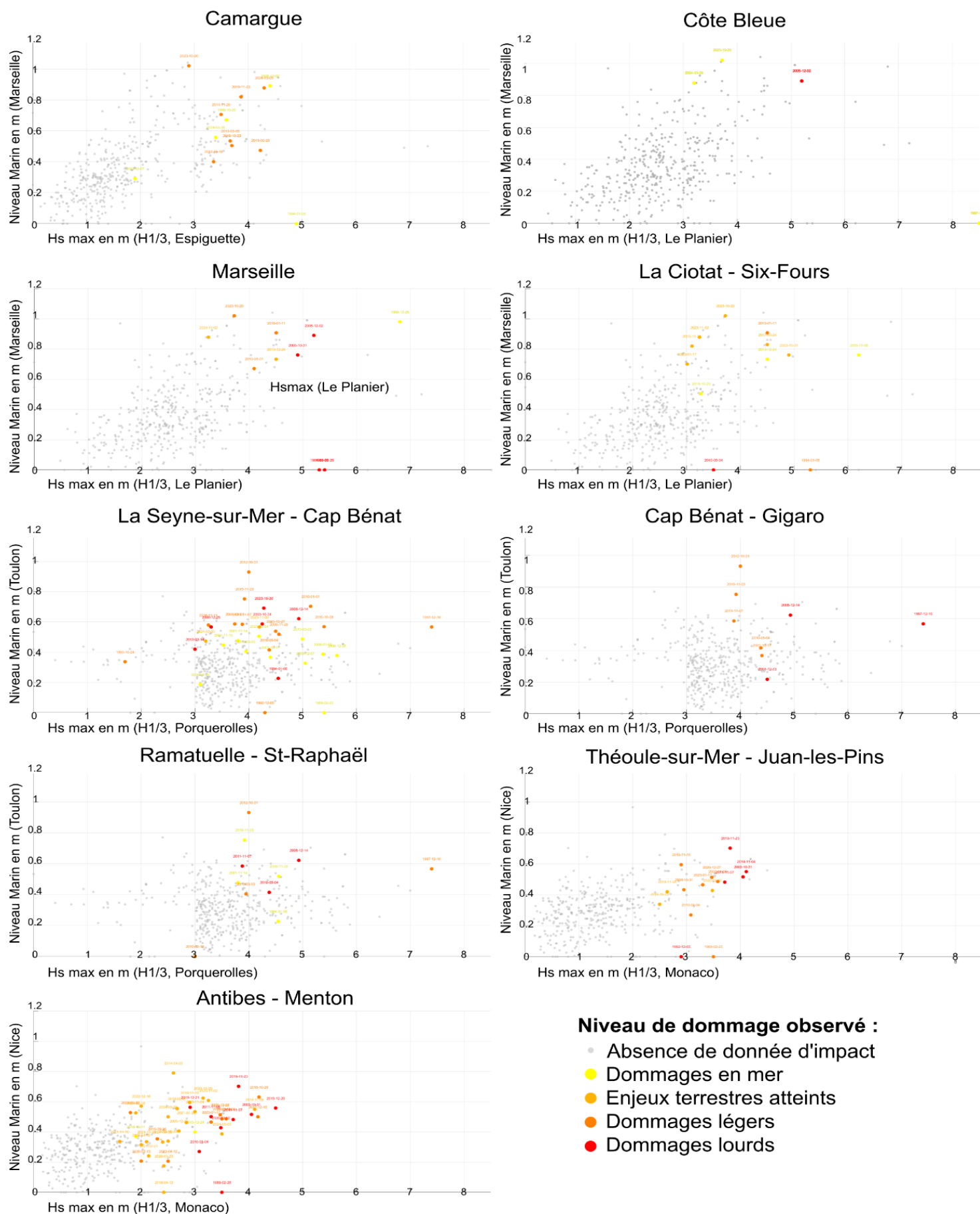


Figure 20 : niveaux de dommage observés lors des tempêtes, par « zone d'exposition homogène », selon le niveau marin et la Hauteur significative de houle, mesurés au niveau des instruments de référence

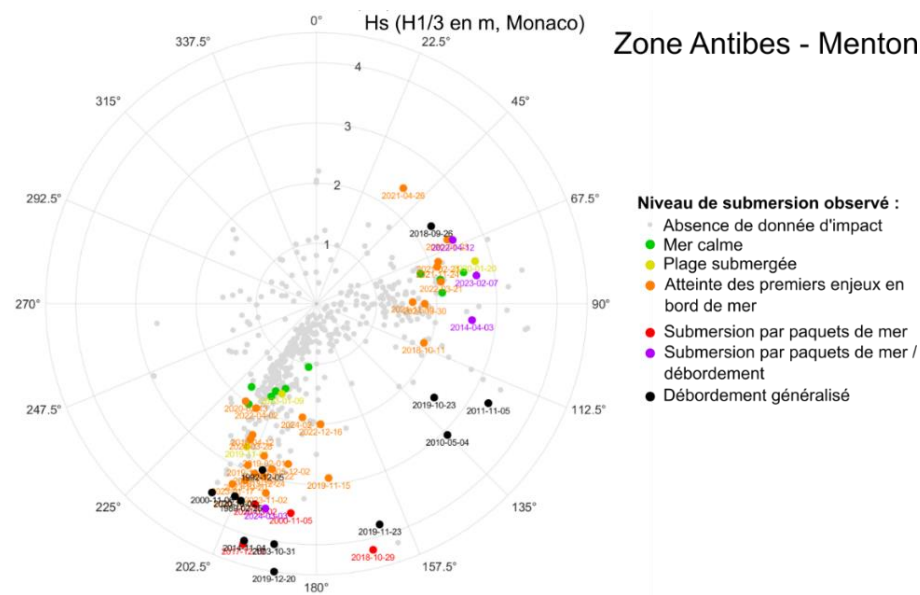


Figure 21 : niveaux de submersion recensés lors des tempêtes par sur la zone Antibes - Menton, selon la hauteur significative (H1/3 en m) et la direction (en °)

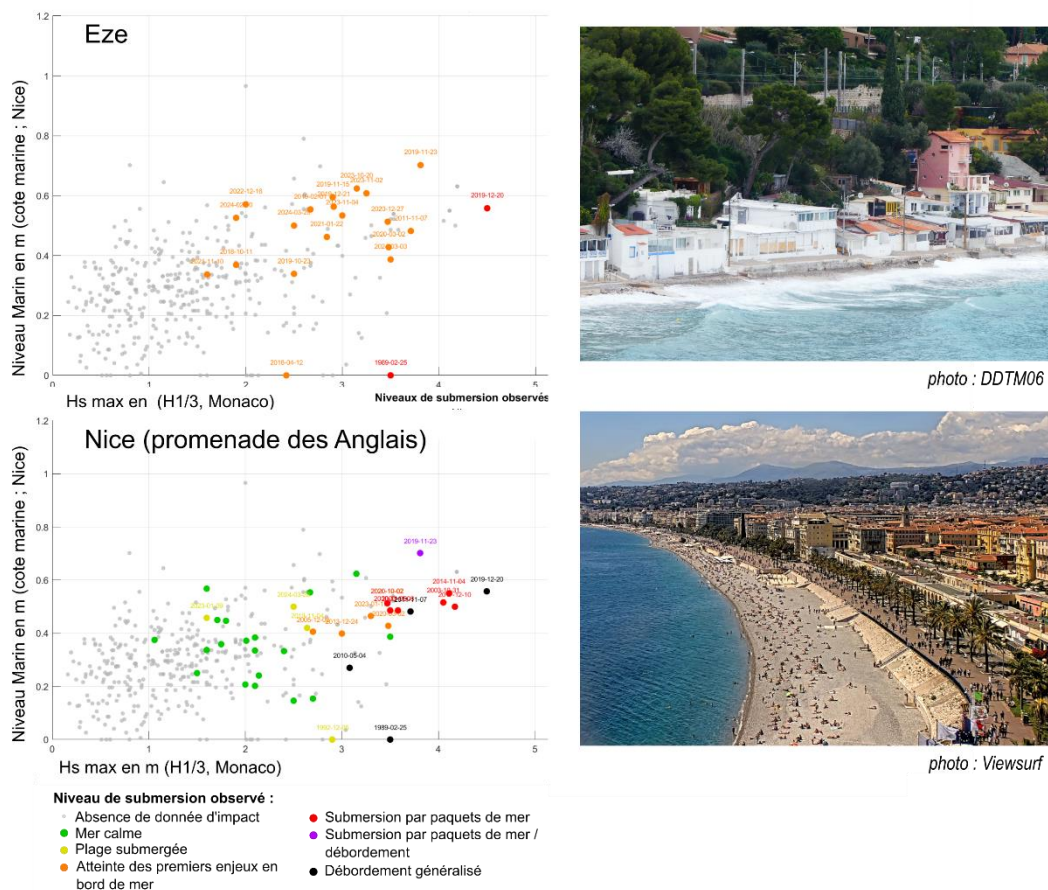


Figure 22 : niveaux de submersion recensés selon le niveau marin et la hauteur significative des houles lors de tempêtes sur les sites d'Eze et Nice et configuration des plages associées



Figure 23 : niveaux de submersion gradués en fonction de la hauteur de houle observée au Mourillon à Toulon (source : Caméra Skaping et Hervé Billon)

Les données météorologiques (vent ; pression atmosphérique) ne permettent pas de faire ressortir de seuils ou de gradation (donnée insuffisamment locale) associée des impacts.

En ce qui concerne le niveau d'eau, les graphiques ne font pas apparaître clairement de gradation des impacts ni de seuil en fonction du niveau marin mesuré, bien qu'il soit évident que ce paramètre joue un rôle déterminant. Ce paramètre qui résulte de la conjonction de plusieurs composantes dont l'élévation du plan d'eau liée aux houles, nécessite d'être appréhendé à l'échelle du site, ce qui impliquerait d'aller plus loin dans les calculs et l'analyse (marégraphes considérés parfois loin du site d'impacts).

L'utilisation des prédictions de ce paramètre pour définir des seuils opérationnels de déclenchement des suivis apparaît délicat. Car les écarts de niveaux ponctuellement mesurés entre les tempêtes à impact et sans impacts (de l'ordre de la vingtaine de centimètres) sont proches des incertitudes relatives au modèle de prévision.

Le Tableau 9 synthétise les résultats des analyses réalisées sur les données de la BD-Tempêtes afin d'obtenir des seuils d'impacts en terme de submersion marine et de dégâts.

Tableau 9 : Synthèse des niveaux d'impacts observés en fonction selon la hauteur significative des houles (H1/3)

H1/3	Submersion	Dommages
< 2 m	RAS	Pas de dommages observés
> 2 à 2,5 m	Plage partiellement à totalement recouverte	Atteinte des premiers enjeux, absence de dommages ou légers (mobilier, restaurants de plage et habitations « pieds dans l'eau » inondés)
> 3 m	Submersion par paquet de mer, premiers débordements au-delà du bord de mer	Dommages légers et/ou en recul immédiat du bord de mer (Ouvrages de protection et structures en bord de mer détériorés)
> 3.5 à 4 m	Paquets de mer généralisés et débordements	Dommages lourds et/ou dommages aux delà du bord de mer (Infrastructures ravagés, routes détruites)

3. Mise en place d'outils opérationnels pour le réseau de suivi des tempêtes

Le fonctionnement du réseau tempête repose sur l'architecture suivante (Figure 24) :

- Des prévisions météo-marines sont analysées quotidiennement ;
- Lorsque des seuils considérés comme morphogènes et/ou indicateurs d'impacts potentiels sont dépassés, des bulletins d'information et de mobilisation du réseau d'observateurs sont émis par mail ;
- En fonction des seuils dépassés, des données quantitatives issues des réseaux d'instrumentation du littoral sont collectées automatiquement et il est proposé aux membres du réseau de se déplacer sur le terrain pour réaliser des observations ;
- Ces observations sont saisies via différents outils et viennent alimenter la BD Tempête PACA ;
- Les données capitalisées (fiches tempêtes) sont partagées au public via la plateforme ORRM ;
- L'ensemble des observations réalisées permettent d'affiner les seuils prédéfinis.

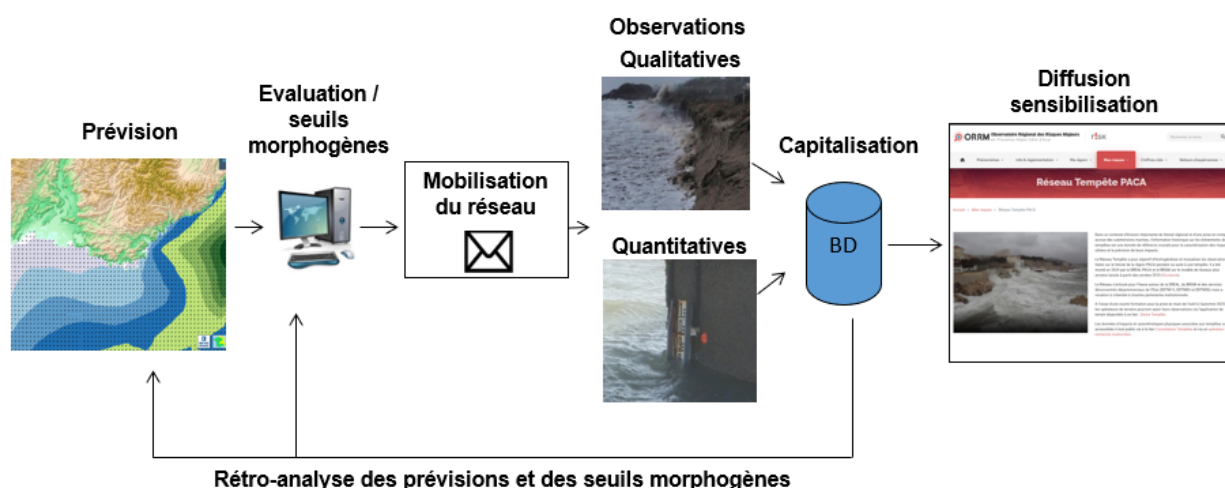


Figure 24 : schéma synthétique du fonctionnement du réseau Tempête

3.1. DECLENCHEMENT DES SUIVIS

Le déclenchement des suivis du réseau Tempête est à l'heure actuelle basé sur deux seuils (Figure 25) :

Le seuil de déclenchement de niveau 1, implique une simple information des observateurs via la transmission d'un bulletin (cf. 3.2). La valeur retenue lors du lancement des outils début 2024 était identique à celle considérée dans la région voisine, soit $H_s \geq 3$ m (et < 4 m), déterminée sur la base du modèle de prévision Wave Watch III (NOAA/NWS/NCEP/MMAB)⁷.

⁷ Le modèle est également celui utilisé par Météo-France et le Shom dans le cadre de l'émission des Bulletins de Vigilance Vague Submersion (VVS)

Après un an et demi de retour d'expérience et suite à l'analyse des données collectées (cf. 2.2), il a été convenu de scinder le bulletin en deux, considérant l'orientation des façades Ouest (Sud-Ouest) et Est (Sud-Est) de la région. Des seuils différents sont considérés sur les deux façades : 2,5 m à l'Est et 3 m à l'Ouest (Figure 26).

Le seuil de déclenchement de niveau 2 retenu est $H_s \geq 4$ m sur la façade Ouest-Centre et $H_s \geq 3,5$ m sur la façade Est. Le dépassement de ce seuil invite les observateurs à se rendre sur le terrain pour réaliser des observations.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de seuil de niveau 3. Un tel seuil, défini à partir des observations historiques pourrait être proposé à l'avenir afin de déployer des protocoles de suivi plus complets (levés topo-bathymétriques ou photographies aériennes, par exemple) ou la production d'une synthèse plus poussée (bulletin post-événement complet, sorties de modèle, etc.).

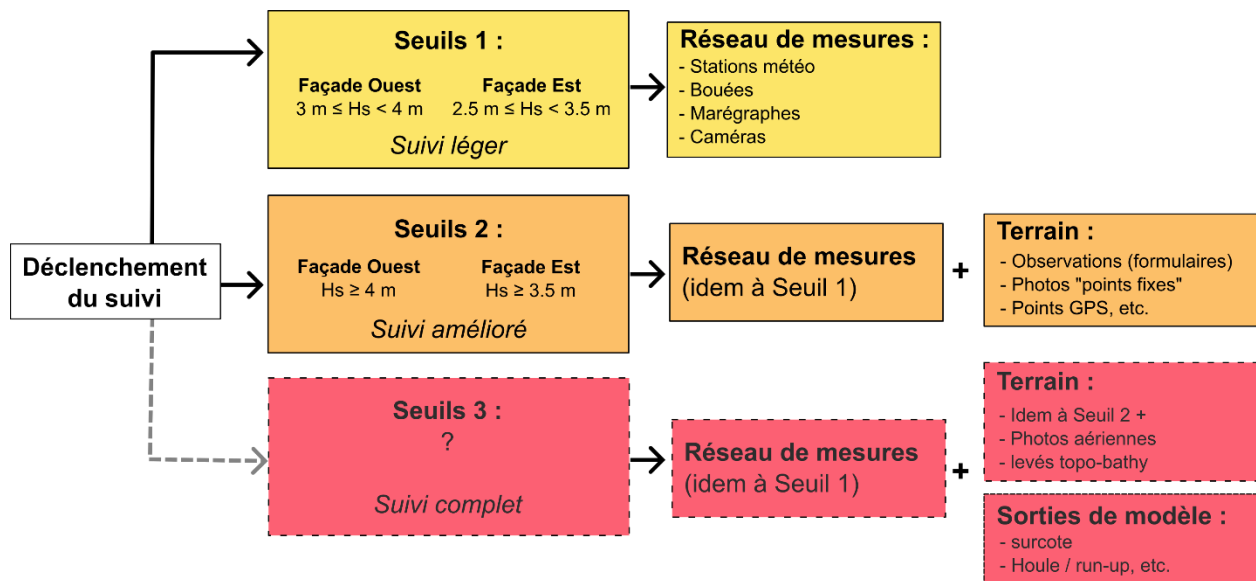


Figure 25 : schéma de déclenchement des protocoles associés aux différents seuils

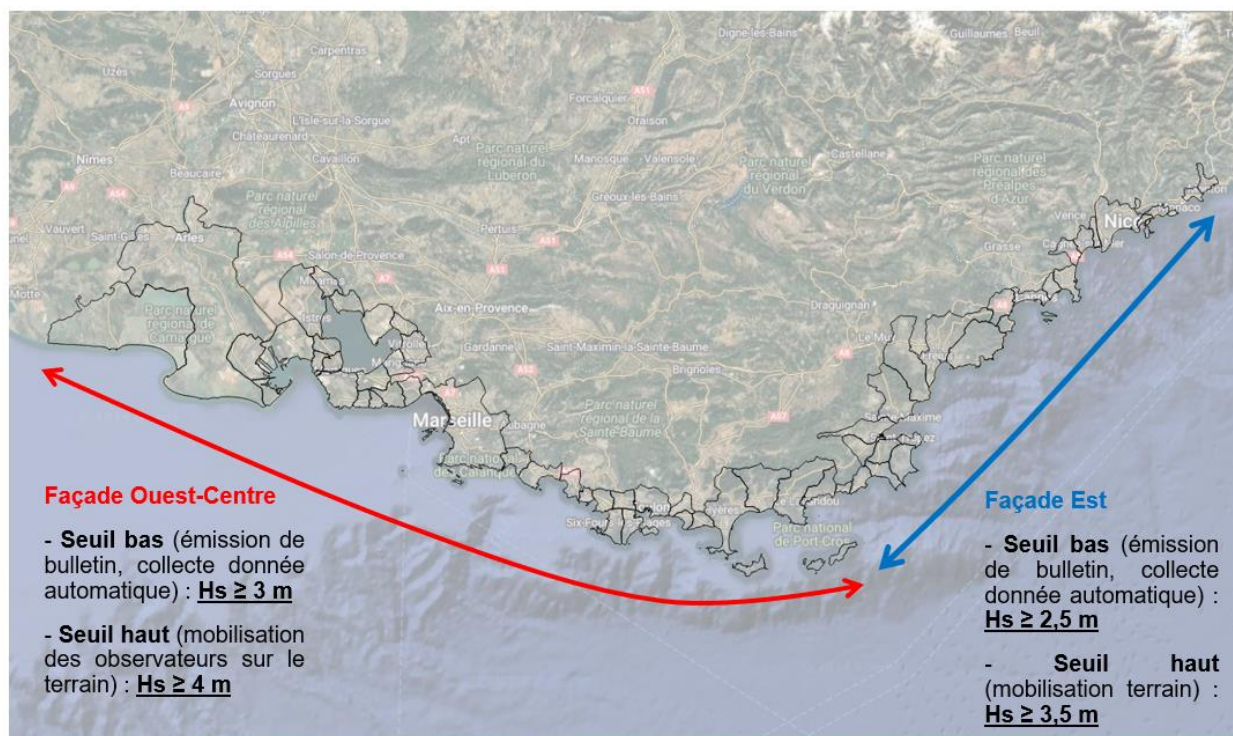


Figure 26 : sectorisation des futurs bulletins de mobilisation

Les seuils sont définis sur la base d'une analyse des données disponibles dont les limites sont principalement la non-exhaustivité et l'estimation qualitative du niveau d'impact (cf. 2.2.1). L'abaissement du seuil dans les Alpes-Maritimes découle des observations collectées qui ont la particularité d'être très denses dans le département compte tenu des suivis existants. D'autres réajustements de seuils seront envisageables en fonction des constats effectués grâce aux observations des futurs membres du réseau.

3.2. BULLETINS DE MOBILISATION

Lors du lancement du projet, un bulletin de mobilisation unique pour toute la façade régionale a été émis à destination de l'ensemble des membres (DDTM, DREAL, BRGM).

Le bulletin est émis dès lors que le seuil de niveau 1 est dépassé au niveau de l'un des 49 points d'extraction des états de mer du modèle Wave Watch III positionnés autour de l'isobathe -50 m et répartis tous les ~5 km le long du littoral (cf. page 1 du bulletin de l'annexe 1)⁸. A l'issue des premières saisons de fonctionnement (2023-2025), cette répartition initiale théorique a été revue à dire d'expert afin de s'adapter à la morphologie de la côte pour éviter des effets de « sur- » ou de « sous-prévision ». Il a par exemple été décidé de déplacer un point d'extraction situé au large de Porquerolles du fait du dépassement fréquent des seuils à ce niveau, en lien avec des phénomènes de coup de mer d'est ou d'ouest passant à bonne distance des côtes et lors desquels était observée une absence totale d'impact à la côte (cf. chapitre 4).

⁸ La répartition des points d'extraction permet de prendre en considération le caractère déterminant de l'orientation des houles dans la sectorisation et l'effectivité des impacts (paragraphe 2.2.2.).

Les bulletins sont émis au plus tôt à J-5 avant l'évènement et mis à jour quotidiennement jusqu'à la date prévue. En cas de prévision repassant en dessous des seuils, les bulletins arrêtent d'être émis.

Un exemple de bulletin est présenté en annexe 1 du rapport. La Figure 27 montre la page de garde des nouveaux bulletins sectorisés. Sur les bulletins on retrouve :

- En page 1 : une cartographie de l'indicateur d'impact basé sur la hauteur significative des houles sur les 5 prochains jours ;
- En page 2 : la série temporelle des prévisions relatives à l'indicateur d'impact, par commune sur les 5 prochains jours ;
- En page 3 : l'historique de l'indicateur d'impact par commune sur la saison en cours ;
- En page 4 et 5 : les séries temporelles détaillées de prévisions sur des points spécifiques répartis sur l'ensemble de la côte (Hauteur significative, direction, période des houles ; niveau marin et surcote attendue) ;
- En page 6 : les précautions d'usages du bulletin (à vocation informative des membres du réseau) et relatives à la lecture des informations cartographiées.

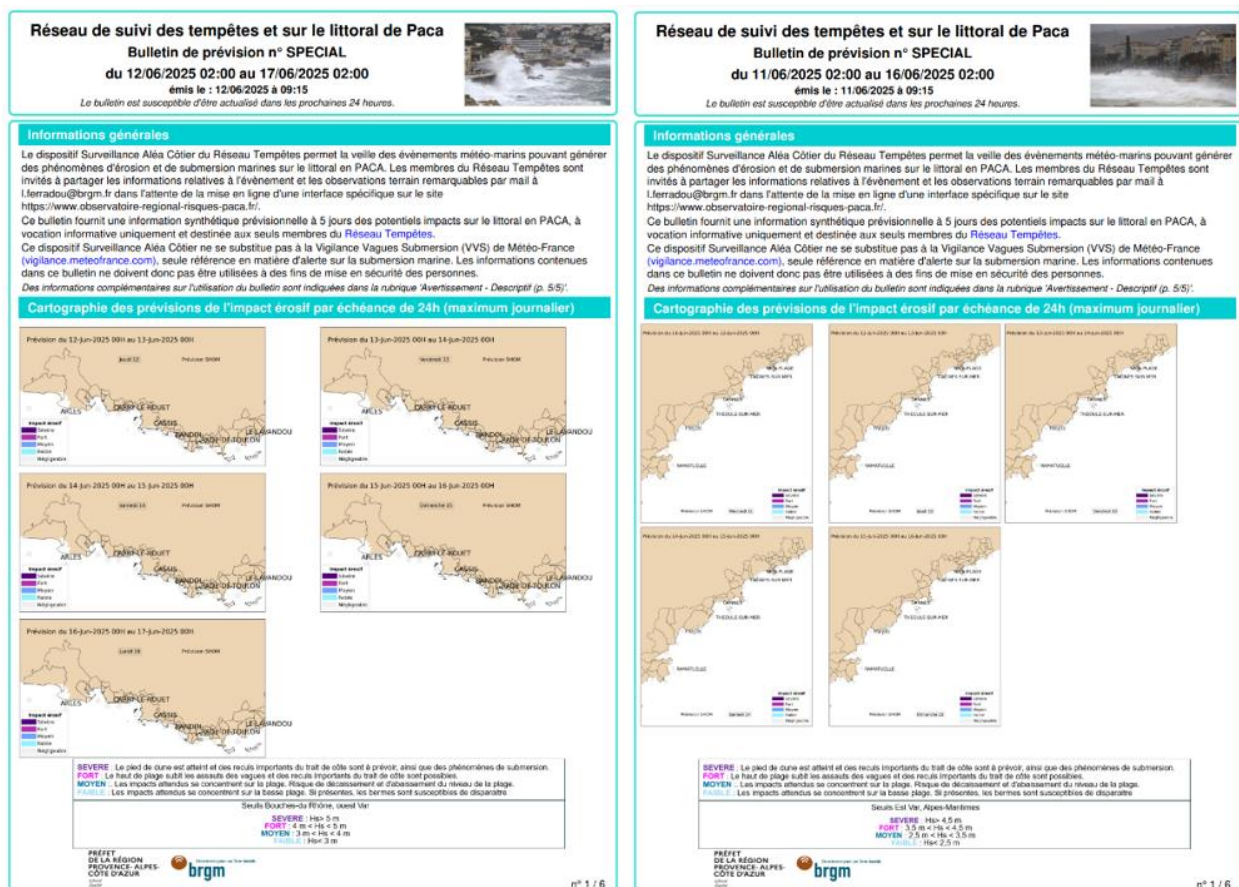


Figure 27 : pages de garde des futurs bulletins de mobilisation du réseau Tempête sur les façades Ouest (à gauche) et Est (à droite) de la région

3.3. BULLETINS POST-EVENEMENT

A la suite d'un coup de mer, et dès lors que les seuils de niveau 1 ont effectivement été dépassés au niveau des houlographes, un bulletin de synthèse post-événement « à chaud » est transmis automatiquement aux membres du réseau 24h après le pic de la tempête.

Ce bulletin présente les caractéristiques de l'évènement (Figure 28) : date, hauteur de vagues, niveau d'eau, vitesse du vent, précipitations et indique le niveau d'intensité de la tempête par rapport aux seuils prédéfinis. Le bulletin précise également si l'un des départements de la région a fait l'objet d'une Vigilance Vagues Submersion par Météo-France.

Réseau de suivi des tempêtes et sur le littoral de PACA

Bulletin simple post-tempête

du 08/03/2024 11:30 au 12/03/2024 04:00

émis le : 13/03/2024 à 14:37

Le bulletin est susceptible d'être actualisé dans les prochaines 24 heures.



Caractéristiques de la tempête

Le dispositif Surveillance Erosion du [Réseau Tempêtes](#) permet la veille sur des événements météo-marins pouvant générer une érosion rapide des littoraux sableux et/ou une submersion rapide du littoral de PACA. Le Littoral de la région PACA a été exposé à la tempête 08032024 du 08-03-2024 10:30 au 12-03-2024 03:00.

La tempête de 197.0°N, a atteint son pic à 01:00 hr (UTC), le 10-03-2024.

Les hauteurs de vagues au large (H1/3) ont atteint 3.4 m et 3.3 m, aux houlographes de Le_Planier et Porquerolles (période de retour inférieure à 1 et inférieure à 1 an(s), respectivement).

Les niveaux d'eau maximum enregistrés (SHOM, données temps réel) sont de l'ordre de 0.92 m NGF au marégraphe de Marseille (soit environ 1.24 m cote marine).

Les vents moyens, de 130.0°N, ont atteint des valeurs maximales de l'ordre de 52.0 km/h, le 10-03-2024 00:00 à la station de Marseille.

Cet événement a atteint le **seuil 1** du protocole (Hs comprise entre 3 et 4 m) et constitue une **tempête peu énergétique**.

Les pluies ont par ailleurs atteint 8.5 millimètres en une heure, le 09-03-2024 20:00(hr), à la station de Hyeres.

L'évènement a fait l'objet d'une mise en vigilance vagues-submersion (maximale #jaune) par [Meteo France](#): départements concernés: [DEPT13](#), [DEPT83](#), [DEPT06](#).

Impacts de la tempête

A ce jour, les observations par le [Réseau Tempêtes](#) sont en phase de recolte.

Toulon-Le Mourillon 10/03/2024, 08:00



Saint-Raphael – Agay 09/03/2024, 16:30



Le Lavandou–Cavalière 09/03/2024, 16:40



Cassis 09/03/2024, 16:25



Exemples d'images des caméras littorales dans les secteurs les plus concernés (tempête du 08-03-2024 10:30.





Figure 28 : exemple de bulletin émis suite à la tempête Monica du 9 mars 2024

3.4. OUTILS DE SAISIE DES OBSERVATIONS

Bien qu'aucun opérateur n'ait encore eu l'occasion de les utiliser, plusieurs modalités de saisie d'observations associées au passage d'une tempête dépassant le seuil de niveau 2 ont été mis en place et sont prêts à l'usage :

- Via l'application *i-InfoTerre*, une saisie directe est possible sur smartphone (Figure 29) ;
- Un lien vers une application de saisie de bureau est également proposé et accessible via l'ORMM (<https://www.observatoire-regional-risques-paca.fr/mes-risques/reseau-tempete-paca>) ; Figure 30).

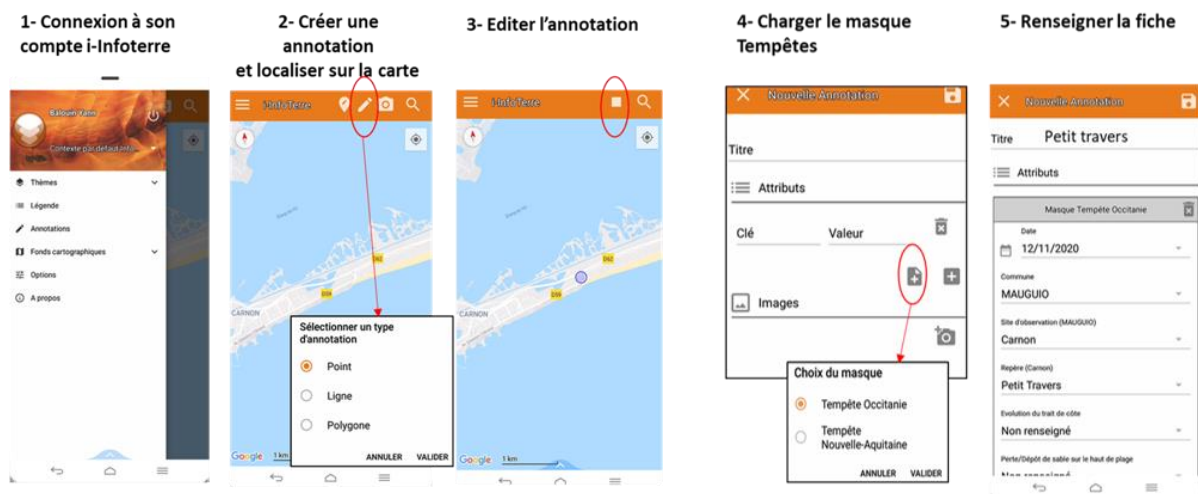


Figure 29 : aperçus de l'interface de saisie smartphone i-InfoTerre

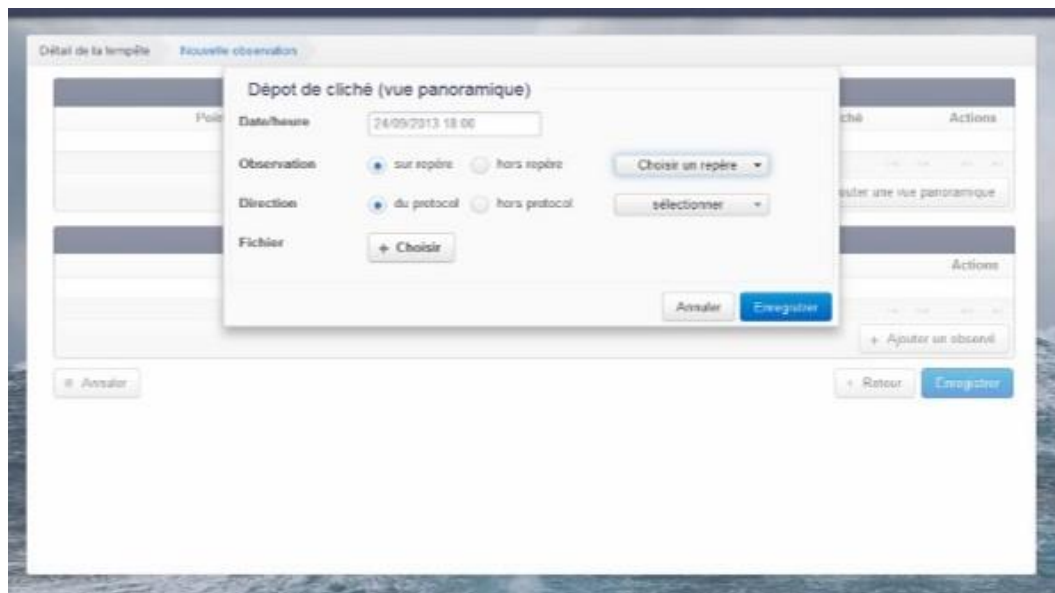


Figure 30 : aperçu de l'interface de saisie bureau

Les informations saisies viendront directement alimenter la BD Tempête rendue accessible via l'ORRM.

A l'heure actuelle, la saisie d'observation peut se faire en n'importe quel point du littoral à travers la saisie de coordonnées GPS ou la géolocalisation du smartphone.

La mise en place de masques de saisie, associés à des points fixes pouvant éventuellement faire l'objet de mesures répétées (type bornage au DGPS) pourra être envisagée à l'avenir en fonction des suivis des observateurs et de leur besoin pour faciliter les observations.

4. Bilan du Réseau Tempêtes PACA

Le bilan du réseau tempête proposé est dressé par saison, à compter de la mise en place des outils de suivi. Il reprend des observations générales puis revient sur les événements ayant dépassé le seuil de niveau 2 ($H_s \geq 4m$).

4.1. SAISON 2023-2024

Sur la saison hivernale 2023-2024, des bulletins de mobilisation ont été émis à 6 reprises à partir de mars 2024 (mise en service des outils en février) :

- Les seuils de niveau 1 ($H_s \geq 3 m$) ont été dépassés 4 fois en prévision des phénomènes météo-marins des 3 et 6 mars 2024. La tempête du 3 mars a atteint le seuil de 3,5 m au houlgraphe de Monaco, soit le seuil de niveau 2 réactualisé pour la façade Est. Les coups de mer du 6 mars et du 10 avril ont légèrement dépassé le seuil de niveau 1 tandis que le coup de mer du 16 avril n'a finalement pas dépassé ce seuil. A noter que pour le 10 avril, les seuils de prévision étaient repassés en dessous de 3 m avant l'arrivée du coup de mer.
- Les seuils de niveau 2 ($H_s \geq 4 m$) ont été dépassés 2 fois en prévision des phénomènes météo-marins des 9 et 26 mars 2024. Seule la tempête du 9 mars a effectivement dépassé le seuil de 4 m. La tempête du 26 mars n'a dépassé que les seuils de niveau 1.

Tableau 10 : synthèse des tempêtes sur la saison 2023-2024

		Tempête	Prévision (Hs en m)	Hauteur de houle mesurée (HS en m) pour les dépassement effectifs de seuil	Impacts recensés
Saison 2023- 2024	1	02 au 03 mars 2024 (Carlotta)	> 3	Hs = 3.2 m (Porquerolles) ; 3.5 m (Monaco)	oui
	2	05 au 06 mars 2024	> 3	Hs = 3.1 m (Porquerolles)	Pas d'observation
	3	08 au 10 mars 2024 (Monica)	> 4	Hs = 4.2 m (Espiguette) ; 3.4 m (Le Planier) ; Porquerolles (3.3 m)	oui
	4	26 mars au 01 avril 2024	> 4	Hs = 3.5 m (Espiguette) ; 3.1 m (Le Planier) ; 3.1 m (Porquerolles)	oui
	5	10 avril 2024	> 3 puis < 3	Hs = 3.4 m (Porquerolles)	Pas d'observation
	6	16 avril 2024	> 3	Hs = 2.9 m (Porquerolles)	Pas d'observation

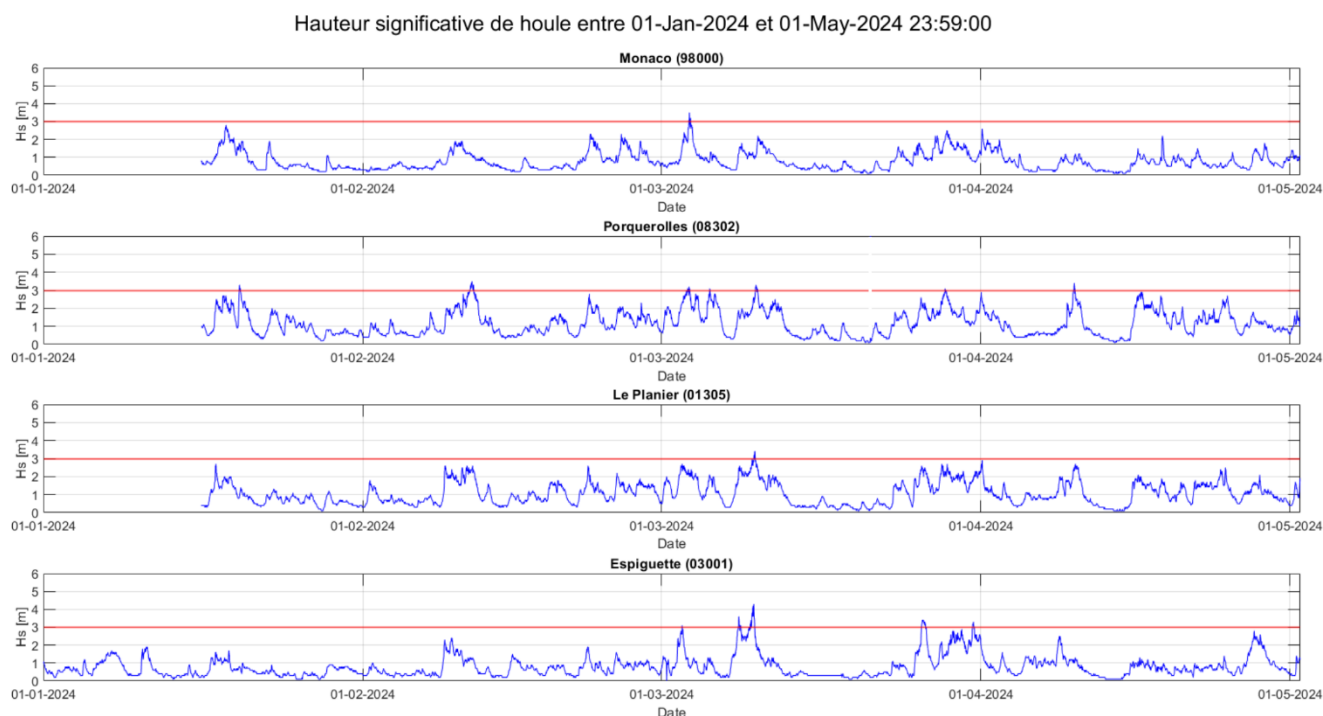


Figure 31 : série temporelle des hauteurs significatives de houles mesurées au niveau des quatre houlographes de la région sur la période d'activité du réseau en 2023-2024

Des sorties terrain ont été réalisées suite à la tempête Monica, les 10 et 12 mars 2024, ainsi que pendant la tempête du 26 mars 2024. Les autres informations relatives aux impacts de ces événements ont été collectées via le réseau de caméras, les réseaux sociaux ou des remontées d'information de la DDTM des Alpes Maritimes.

En amont de la mise en service des bulletins, la tempête Aline du 20 octobre 2023 a engendré de nombreux impacts sur la côte et également fait l'objet d'observations de terrain.

4.1.1. Tempête Aline du 20 octobre 2023

La tempête Aline a frappé le littoral de la région juste avant le début du projet et a dépassé le seuil 2 ($H_s > 4$ m) au niveau du houlographe de Porquerolles.

Il s'agit d'une tempête de Sud-Sud-Ouest, caractérisée par les hauteurs de houles modérées (période de retour d'ordre infra-annuel à annuel) :

- $H_s = 2.9$ m / $H_{max} = 6.9$ m à l'Espiguette ;
- $H_s = 3.72$ m / $H_{max} = 6.9$ m au Planier ;
- $H_s = 4.28$ m / $H_{max} = 7.11$ à Porquerolles ;
- $H_s = 3.15$ m à Monaco.

Mais ce sont davantage les niveaux d'eau enregistrés (horaires validés), correspondant à des périodes de retour de 10 ans, qui méritent d'être soulignés :

- 0.945 m (cote marine soit 0.692 m NGF) à Toulon ;
- 1.35 m (cote marine soit 1.021 m NGF) à Marseille ;
- 0.968 m (cote marine soit 0.624 m NGF) à Nice.

En ce qui concerne les vents, il a été mesuré :

- 50 km/h (rafales à 66.3 km/h) direction sud-est à Marignane ;
- 46 km/h (66.3 km/h) direction Ouest-Sud-ouest à Toulon ;
- 47.2 km/h (31,9 km/h) direction Sud-Sud-ouest à Nice ;

Une sortie de terrain lors de la tempête entre la Ciotat et Hyères a permis de documenter de nombreux impacts. En dehors des contextes exposés aux houles (Figure 32), des débordements ont été observés dans les ports (Figure 33).

Des constats d'érosion ont également pu être fait, comme aux Sablettes (Figure 34) ou au niveau du Tombolo de Giens où une brèche a été ouverte dans le cordon dunaire et où la route du Sel a été endommagée (Figure 35).

Des arrêtés de catastrophe naturelle ont été édictés pour les communes de Cassis, Martigues et Hyères suite à la tempête.

La Figure 36 resitue l'ensemble des impacts recensés et documentés dans la fiche tempête de l'évènement (<https://fichetempete.brgm.fr/pages/tempete.jsf?tid=20081267>).



Figure 32 : submersion observée dans l'Ouest Var le 20/10/2023

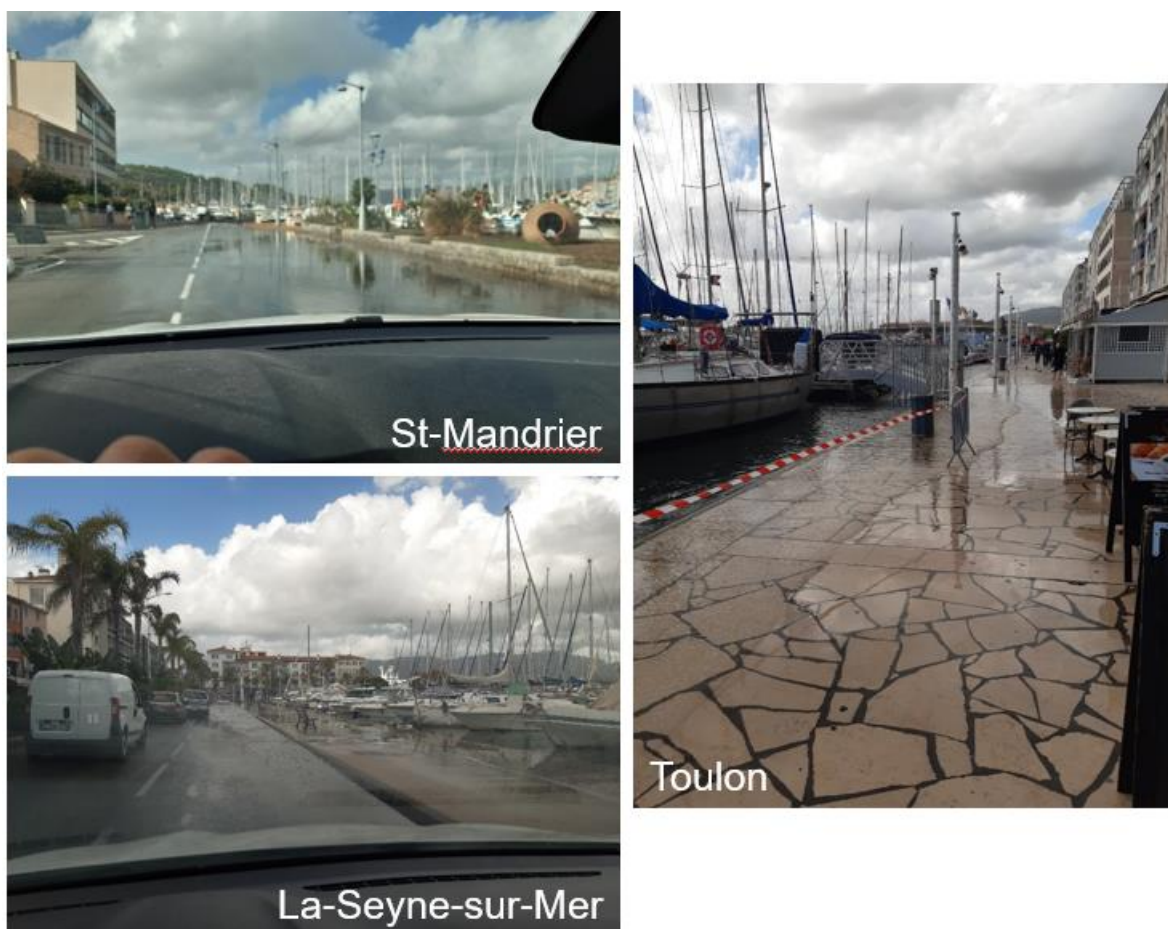


Figure 33 : débordement constaté dans les ports du Var le 20 octobre 2023



Figure 34 : érosion du cordon dunaire aux Sablettes (La-Seyne-Sur-Mer) le 20/10/2023



Figure 35 : rupture du cordon dunaire et dégradation de la route du Sel au niveau du tombolo de la Presqu'île de Giens à Hyères le 20/10/2023

4.1.2. Tempête Carlotta du 3 mars 2024

Des hauteurs de houles modérées ont été mesurées :

- Hs = 3,1 m ; Hmax = 5,4 à l'Espiguette ;
- Hs = 2,7 m ; Hmax = 4,4 m au Planier ;
- Hs = 3,1 m ; Hmax = 5,7 m à Porquerolles ;
- Hs = 3.5 m ; Hmax = 5.5 m à Monaco ;

- 1,026 m (cote marine, soit 0,697 m NGF) à Marseille
- 0,727 m (cote marine, soit 0,474 m NGF) à Toulon
- 0,736 m (cote marine, soit 0,387 m NGF) à Nice

Les niveaux d'eau et houles enregistrés correspondent à des périodes de retour annuelle à infra-annuelle. Pour autant, des dégâts ont été enregistrés dans les Alpes-Maritimes où la route du bord de mer reliant Antibes à Villeneuve-Loubet, notamment, a été submergée et fermée à la circulation.

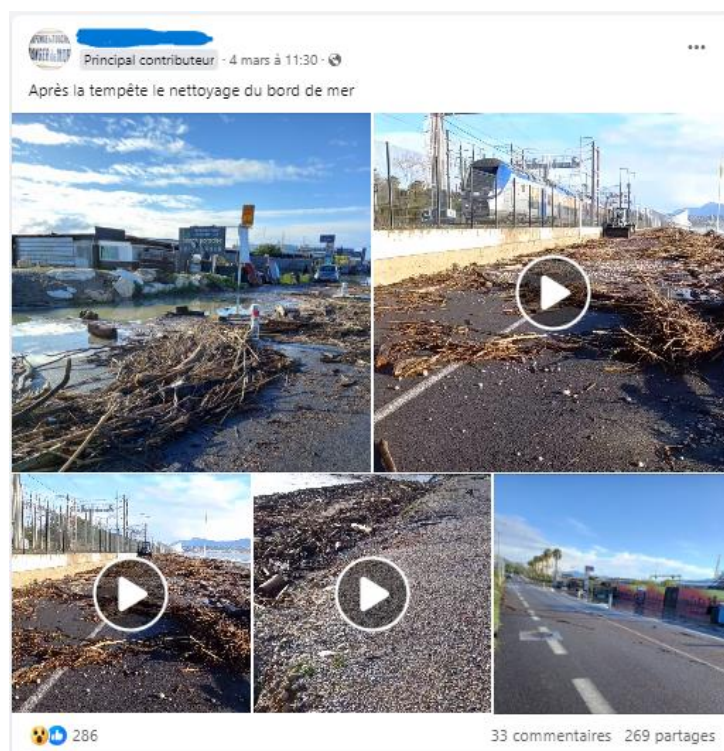


Figure 37 : témoignages de submersion recensés sur Facebook à la suite de la tempête du 3 mars 2024

Dans le Var, les images caméras collectées mettent en évidence une submersion totale de certaines plages. Cette situation est susceptible d'avoir généré des paquets de mer sur les routes et au niveau des enjeux en retrait immédiat (ex. restaurant du Mourillon) sans qu'aucun dégât n'ait été recensé (Figure 39).



Figure 38 : front de mer du Lavandou lors de la tempête du 3 mars 2024 (source : Viewsurf)



Figure 39 : Plage du Mourillon lors de la tempête du 3 mars 2024 (source : Skaping)

4.1.3. Tempête Monica du 9 et 10 mars 2024

La tempête Monica du 9 au 10 mars 2024 est un phénomène d'origine sud-sud-ouest. Elle s'est caractérisée par les hauteurs de houle suivantes :

- Hs = 2,2 m / Hmax = 3,9 m à Monaco ;
- Hs = 3,3 m / Hmax = 5,4 m à Porquerolles ;
- Hs = 3,4 m / Hmax = 6,3 m au Planier ;
- Hs = 4,3 m / Hmax = 7,7 m à l'Espiguette (période de retour ~ 5 ans) ;

Les niveaux d'eau (horaires validés) observés sont les suivants :

- 1.193 m (cote marine, soit, 0.878 m NGF) à Marseille
- 0.86 m (cote marine, soit 0.601 m NGF) à Toulon ;
- 0.886 m (cote marine, soit 0,542 m NGF) à Nice ;

En ce qui concerne les vents, il a été mesuré :

- 50.4 km/h (rafales à 82 km/h), direction Sud-est à Marignane ;
- 43.2 km/h (rafales à 72.72 km/h), direction Sud-est à Toulon ;
- 43.2 km/h (rafales à 59.4 km/h), direction Est à Nice ;

Des impacts en termes de submersion et d'érosion, associés à des dégâts légers (bateaux, ouvrages sur le rivage) ont été recensés principalement à partir des réseaux sociaux sur la partie Ouest de la façade des Saintes-Maries-de-la-Mer au Port de Carqueiranne.

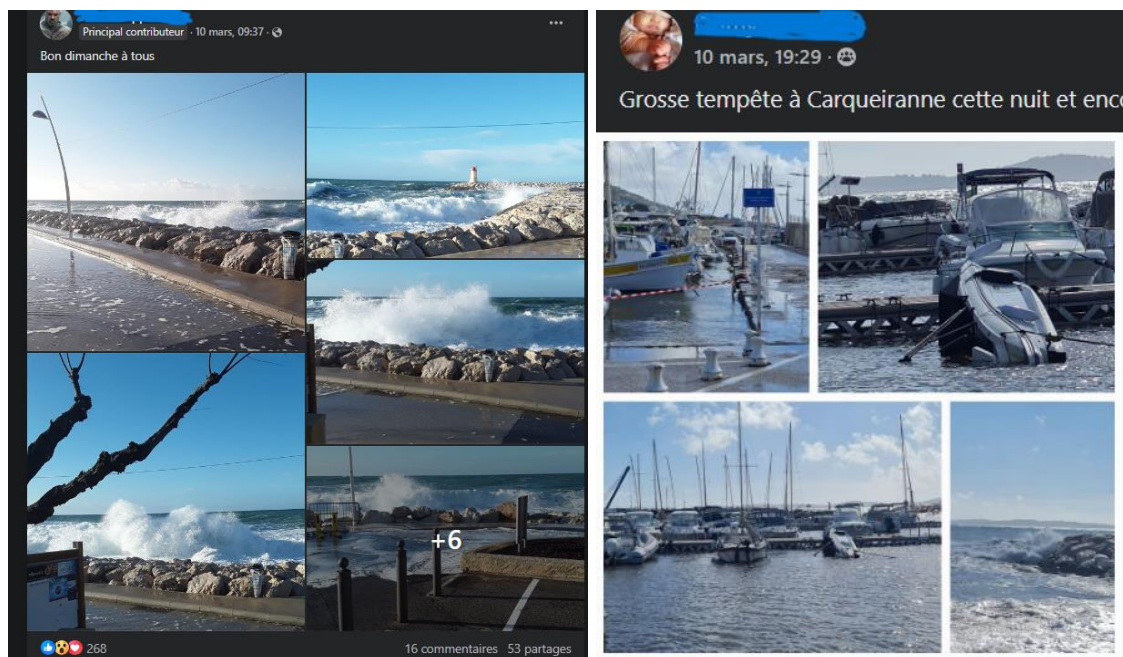
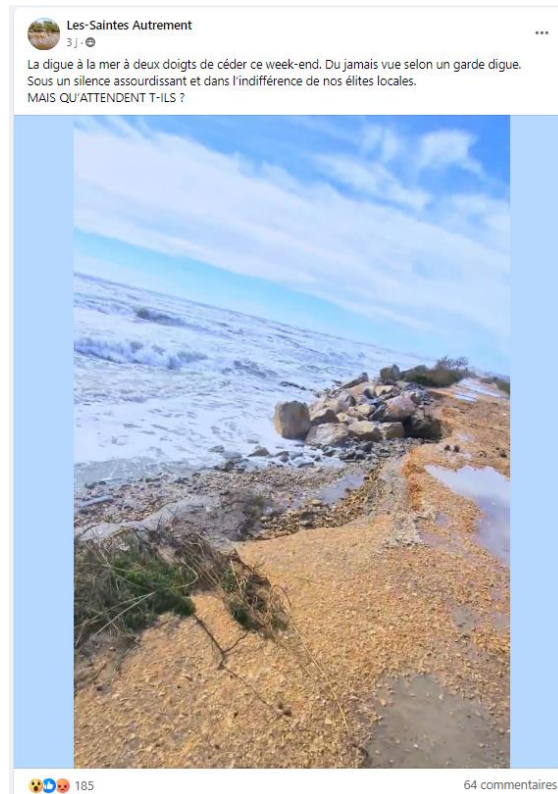


Figure 40 : impacts recensés via Facebook suite à la Tempête Monica aux Saintes-Marie-de-la-Mer (Photo du haut), à Sausset-les-Pins (Photo en bas à gauche) et à Carqueiranne (Photo en bas à droite)

4.2. SAISON 2024-2025

Sur la saison hivernale 2024-2025, des bulletins de mobilisation ont été émis à 15 reprises :

- Les seuils de niveau 1 ($H_s > 3$ m) ont été dépassés en prévision de 13 phénomènes météo-marins. Seule 6 tempêtes ont effectivement dépassé les seuils de hauteurs de houle. On notera que le nouveau seuil de niveau 2 défini pour la façade Est ($H_s > 2,5$ m) n'a été effectivement dépassé qu'une seule fois à la station de Monaco (tempête Martinho du 21 mars 2025).
- Les seuils de niveau 2 ($H_s > 4$ m) ont été dépassés 2 fois en prévision des phénomènes météo-marins des 9 et 21 mars 2025. Seule la tempête Martinho du 21 mars 2025 a effectivement dépassé le seuil. La tempête du 9 mars n'a dépassé que le seuil de niveau 1.

On notera que le 22 novembre 2024, le houlographe du Planier a enregistré des hauteurs significatives tout juste supérieures à 3 m (3.1 m) alors qu'aucun bulletin de prévision n'avait été émis.

Tableau 11 : synthèse des tempêtes sur la saison 2024-2025

	Tempête	Prévision (Hs en m)	Hauteur de houle mesurée (Hs en m) pour les dépassements effectifs de seuil	Impacts recensés
saison 2024- 2025	1 07 septembre 2024	> 3	Hs = 2.4 m (Le Planier)	Pas d'observation
	2 11 au 13 septembre 2024	> 3	Hs = 3.1 m (Porquerolles)	Pas d'observation
	3 08 au 10 octobre 2024	> 3	Hs = 3.5 m (Espiguette)	Pas d'observation
	4 15 au 16 octobre 2024	> 3	Hs = 2.3 m (Espiguette)	Pas d'observation
	5 22 novembre 2024	< 3	Hs = 3.1 m (Le Planier)	Pas d'observation
	6 07 au 08 décembre 2024	> 3	Hs = 3.9 m (Porquerolles)	Pas d'observation
	7 20 au 23 décembre 2024	> 3	Hs = 3.9 m (Porquerolles) ; 3.2 m (Le Planier)	Pas d'observation
	8 06 janvier 2025	> 3	Hs = 2.5 m (Espiguette)	Pas d'observation
	9 16 janvier 2025	> 3	Hs = 2.9 m (Porquerolles)	Pas d'observation
	10 27 janvier 2025	> 3	Hs = 3.2 m (Porquerolles)	Pas d'observation
	11 08 février 2025	> 3	Hs = 2.6 m (Espiguette)	Pas d'observation

	12	01 au 03 mars 2025	> 3	Hs = 2.4 m (Porquerolles)	Pas d'observation
	13	09 mars 2025	> 4	Hs = 3.3 m (Espiguette)	oui
	14	18 au 22 mars 2025 (Martinho)	> 4	Hs = 4.3 m (Espiguette) ; 2.5 m (Monaco)	oui
	15	14 au 17 avril 2025	> 3	Hs = 3.5 m (Porquerolles) ; 3.2 m (Espiguette)	Pas d'observation
	16	19 avril 2025	> 3	Hs = 3.2 m (Espiguette)	Pas d'observation

Aucune sortie terrain n'a pu être réalisée lors de cette saison. Les quelques informations relatives aux impacts de ces événements ont été collectées via le réseau de caméras et les réseaux sociaux.

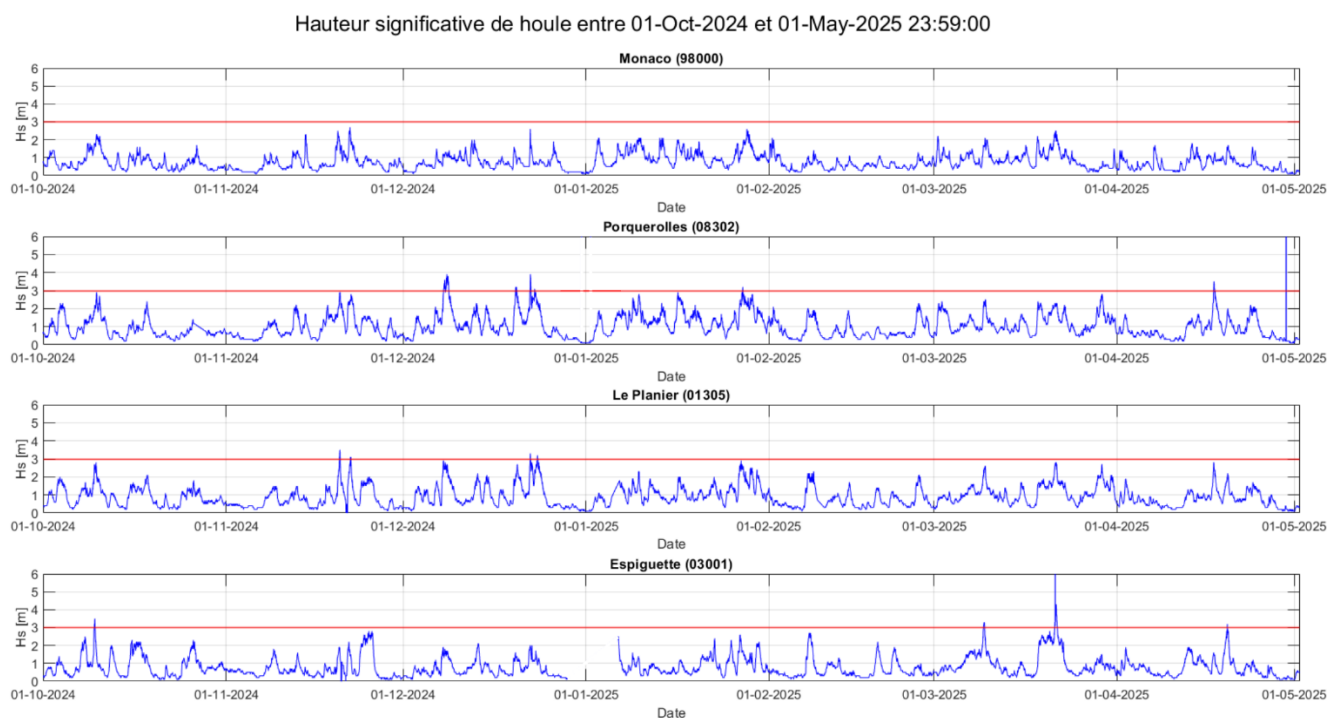


Figure 41 : série temporelle des hauteurs significatives de houles mesurées au niveau des quatre houlographes de la région sur la période d'activité du réseau en 2024-2025

4.2.1. Tempête Martinho du 21 mars 2025

La tempête Martinho du 21 mars 2025 correspond à un phénomène d'est et de sud-est caractérisé par des hauteurs de houles modérées :

- Hs = 2.5 m / Hmax = 4.3 m à Monaco ;
- Hs = 2,3 m / Hmax = 4,5 m à Porquerolles ;
- Hs = 2,8 m / Hmax = 6.1 m au Planier ;
- Hs = 4,3 m / Hmax = 7.3 m à l'Espiguette (période de retour ~5 ans) ;

Les niveaux d'eau (horaires validés) observés sont les suivants :

- 0.718 m (cote marine soit 0.389 m NGF) à Marseille ;
- 0.684 m (cote marine, soit 0.431 m NGF) à Toulon ;
- 0.686 m (cote marine, soit 0.342 m NGF) à Nice ;

En ce qui concerne les vents, il a été mesuré :

- 66 km/h (rafales à 91 km/h) à Nice ;
- 36 km/h (rafales à 76 km/h) à Toulon ;
- 54 km/h (rafales à 83 km/h) à Marignane ;

Il n'a pas pu être réalisé de sorties terrain lors de cet événement. A ce jour, malgré le dépassement du seuil 2 à l'extrémité Ouest du département, aucun impact significatif n'a été recensé via les données à distance (caméra, réseaux sociaux, presse). Des submersions par paquets de mer, d'ampleur limitée sont néanmoins mises en évidence sur certains sites très aménagés à proximité du rivage dans le Var (Mourillon, Anse Méjean).

Des impacts sont suspectés aux Saintes-Marie-de-la-Mer (publications sur les réseaux sociaux suggérant de la submersion sans moyen de confirmer).

Ce phénomène est révélateur de l'intérêt de disposer de membres « observateurs de terrain » sur l'ensemble du littoral, pour produire une remontée d'information homogène en qualité.

4.3. ANIMATION DU RESEAU ET COMMUNICATION

Des réunions d'informations et d'échanges ont été organisées à plusieurs reprises et dans les différents départements concernés au cours du projet :

- Le 13 décembre 2023 à la DREAL PACA ;
- Le 30 janvier 2024 à la DDTM des Bouches-du-Rhône ;
- Le 14 février 2024 à la DDTM des Alpes-Maritimes ;
- Le 14 mars 2024 à la DDTM du Var ;
- Le 30 janvier 2025 à la DDTM du Var en présence de représentants de la DREAL et des autres DDTM.

Les travaux ont également été restitués lors de deux webinaires :

- Le 19/11/2024, dans le cadre d'un webinaire à destination des RDI littoraux⁹ de la façade Méditerranéenne ;
- Le 20/06/2025, dans le cadre d'un webinaire à destination des EPCI littoraux visant à promouvoir la BD Tempête, à présenter les outils mis en place et à démarcher de nouveaux observateurs pour rendre le réseau opérationnel.

⁹ Référents Départementaux Inondations

5. Conclusion et perspectives

Le travail réalisé entre 2023 et 2025 a permis de mettre à jour et à disposition du public la base de données régionales sur les tempêtes. Ces données constituent un socle de connaissance important dans une perspective de prévention des risques côtiers. Elles contribuent à la montée en compétence des acteurs concernés, à l'instar des services en charge des missions RDI. Elles ont vocation à aider à la définition d'événements de référence (en termes de submersion ou de recul du trait de côte) utiles notamment pour l'élaboration de scénarios dans des travaux de cartographie par exemple (d'aléas, prospectives, etc.). Elles peuvent également constituer une aide à l'évaluation des demandes de classement en Catastrophe Naturelle ou contribuer à mettre à jour des Plans Communaux de Sauvegarde.

La mise à jour complète de la base de données, nécessitera des travaux complémentaires pour intégrer les nouveaux éléments collectés concernant les phénomènes antérieurs à 2017.

Par ailleurs, les données collectées sont assez hétérogènes et le degré de précision très variable. Elles ont néanmoins permis d'effectuer une analyse ayant conduit à la redéfinition partielle des seuils de mobilisation des observateurs. Il ressort en effet que des impacts sont observables pour des houles de faible intensité ($H_s \sim 2$ à 2,5 m) sur les littoraux densément urbanisés en bordure immédiate du rivage, en particulier dans le département des Alpes Maritimes.

La contribution de nouveaux observateurs, répartis sur l'ensemble du linéaire côtier pourra permettre d'améliorer l'homogénéité et la qualité de ces données à l'avenir et éventuellement amener à préciser les seuils (si nécessaire).

Les outils mis en place permettent à l'heure actuelle aux différentes missions RDI des DDTM (seuls membres du réseau hormis BRGM et DREAL) d'avoir accès à des prévisions spatialisées ainsi qu'à des informations synthétisant les caractéristiques physiques d'une tempête dans les heures qui suivent son passage.

A l'heure actuelle, l'opérationnalité des outils contraste avec celle des observateurs. A ce jour, aucune remontée d'information n'est effectivement réalisée de manière pérenne et régulière (hors terrain BRGM et images caméras), bien que des contributions ponctuelles soient envisagées. Ainsi l'alimentation continue de la BD Tempêtes n'est pas assurée en ce qui concerne les données d'impact.

L'implication de nouveaux membres et observateurs potentiels à l'échelle des collectivités et de leurs EPCI (entre autres acteurs institutionnels), apparaît comme une orientation prioritaire à fixer courte échéance, de manière à mettre en œuvre les outils déjà opérationnels et à compiler des observations de terrain dès la saison 2025-2026. Lors du webinaire du 20 juin 2025, à destination des gestionnaires du littoral, plusieurs manifestations d'intérêt et de volonté de contribuer au réseau ont pu être recensées et vont permettre le développement du réseau dès l'automne 2025.

6. Bibliographie

Auclair S., Sabouni A., Adro A., Montarnal A., Graciane C. (2024), Catastrophes naturelles et réseaux sociaux : des données précieuses pour la recherche... à certaines conditions, The conversation, publié en ligne le 11 juillet 2024, <https://theconversation.com/catastrophes-naturelles-et-reseaux-sociaux-des-donnees-precieuses-pour-la-recherche-a-certaines-conditions-231786>

Balouin, Y., Valentini, N. (2024), Réseau Tempêtes Occitanie 2023-2024. Rapport final, BRGM/RP-73859-FR, 53 p.

Cerema (2018), Les niveaux marins extrêmes. Ports de métropoles. Collection : Données. ISBN : 978-2-37180-308-4,

Cerema (2023), Dynamique et évolution du littoral – Atlas Fascicule n°8 : De la frontière espagnole à Port-de-Bouc, Collection : les références, ISBN : 978-2-37180-636-8, 74p.

Cerema (2024a), Dynamique et évolution du littoral – Atlas Fascicule n°8 : De Port-de-Bouc à la frontière italienne, Collection : les références, ISBN : 978-2-37180-638-2, 40p.

Cerema (2024b), Analyse 2024 des états de mer, Tome 2 – Méditerranée, 323p.

Gervais M., Balouin Y., Belon R. (2011), Morphological response and coastal dynamics associated with major storm events along the Gulf of Lions Coastline, France, *Geomorphology* 143-144 (2012), 69–80

Harley, M (2017), Coastal Storm definition, in *Coastal Storms Processes and Impacts*, John Wiley & Sons Ltd, 1-21, DOI:10.1002/9781118937099

J.A. Jiménez, P. Ciavola, Y. Balouin, C. Armaroli, E. Bosom, M. Gervais (2009), Geomorphic coastal vulnerability to storms in microtidal fetch-limited environments: application to NW Mediterranean & N Adriatic Seas, *Journal of Coastal Research*, SI 56 (2009), pp. 1641-1645

Sallenger A. H. J. (2000), Storm Impact Scale for Barrier Islands, *Journal of Coastal Research*, West Palm Beach, Florida Summer 2000, 890-895

Stépanian A. (2016), Opportunité d'un observatoire du trait de côte en région PACA – inventaire des démarches de suivi, Rapport final, BRGM/RP-65919-FR, 83p. 39 ill., 2 ann., 1 CD.)

Stépanian A., Mirgon C., Castillo P. (2014), Elaboration d'une Base de données sur les tempêtes et leurs impacts sur les zones côtières de la région PACA, Rapport final, BRGM/RP-64157-FR, 69p., 40 ill., 1 CD.

Tiberi-Wadier A.-L., Laugel A., Benoit M. (2014), Construction of the Numerical Wave Databases Anemoc-2 on the Mediterranean Sea And The Atlantic Ocean Through Hindcast Simulations over the Period 1979-2010, *Journées de l'hydraulique*, année 2014, 36, 1-12

Tirard E. (2010), Impacts des tempêtes sur le littoral du Golfe du Lion – Mise en place d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité. Rapport de stage BRGM, Master Géorisque, Université de Montpellier, 45p. + ann.

Annexe 1 : Exemple de bulletin de mobilisation émis le 9 mars 2024

Réseau de suivi des tempêtes et sur le littoral de Paca

Bulletin de prévision n° SPECIAL

du 09/03/2024 01:00 au 14/03/2024 01:00

émis le : 09/03/2024 à 09:16

Le bulletin est susceptible d'être actualisé dans les prochaines 24 heures.



Informations générales

Le dispositif Surveillance Aléa Côtier du Réseau Tempêtes permet la veille des événements météo-marins pouvant générer des phénomènes d'érosion et de submersion marines sur le littoral en PACA. Les membres du Réseau Tempêtes sont invités à partager les informations relatives à l'évènement et les observations terrain remarquables par mail à l.ferradou@brgm.fr dans l'attente de la mise en ligne d'une interface spécifique sur le site <https://www.observe-rep-risques-paca.fr/>.

Ce bulletin fournit une information synthétique prévisionnelle à 5 jours des potentiels impacts sur le littoral en PACA, à vocation informative uniquement et destinée aux seuls membres du [Réseau Tempêtes](#).

Ce dispositif Surveillance Aléa Côtier ne se substitue pas à la Vigilance Vagues Submersion (VVS) de Météo-France (vigilance.meteofrance.com), seule référence en matière d'alerte sur la submersion marine. Les informations contenues dans ce bulletin ne doivent donc pas être utilisées à des fins de mise en sécurité des personnes.

Des informations complémentaires sur l'utilisation du bulletin sont indiquées dans la rubrique 'Avertissement - Descriptif (p. 5/5)'.

Cartographie des prévisions de l'impact érosif par échéance de 24h (maximum journalier)

Prévision du 09-Mar-2024 00H au 10-Mar-2024 00H

Samedi 9 Prévision SHOM



Prévision du 10-Mar-2024 00H au 11-Mar-2024 00H

Dimanche 10 Prévision SHOM



Prévision du 11-Mar-2024 00H au 12-Mar-2024 00H

Lundi 11 Prévision SHOM



Prévision du 12-Mar-2024 00H au 13-Mar-2024 00H

Mardi 12 Prévision SHOM



SEVERE : $H_s > 5$ m. Le pied de dune est atteint et des reculs importants du trait de côte sont à prévoir, ainsi que des phénomènes de submersion.

FORT : $H_s > 4$ m. Le haut de plage subit les assauts des vagues et des reculs importants du trait de côte sont possibles.

MOYEN : $H_s > 3$ m. Les impacts attendus se concentrent sur la plage. Risque de décaissement et d'abaissement du niveau de la plage.

FAIBLE : $H_s > 2,3$ m. Les impacts attendus se concentrent sur la basse plage. Si présentes, les bermes sont susceptibles de disparaître.

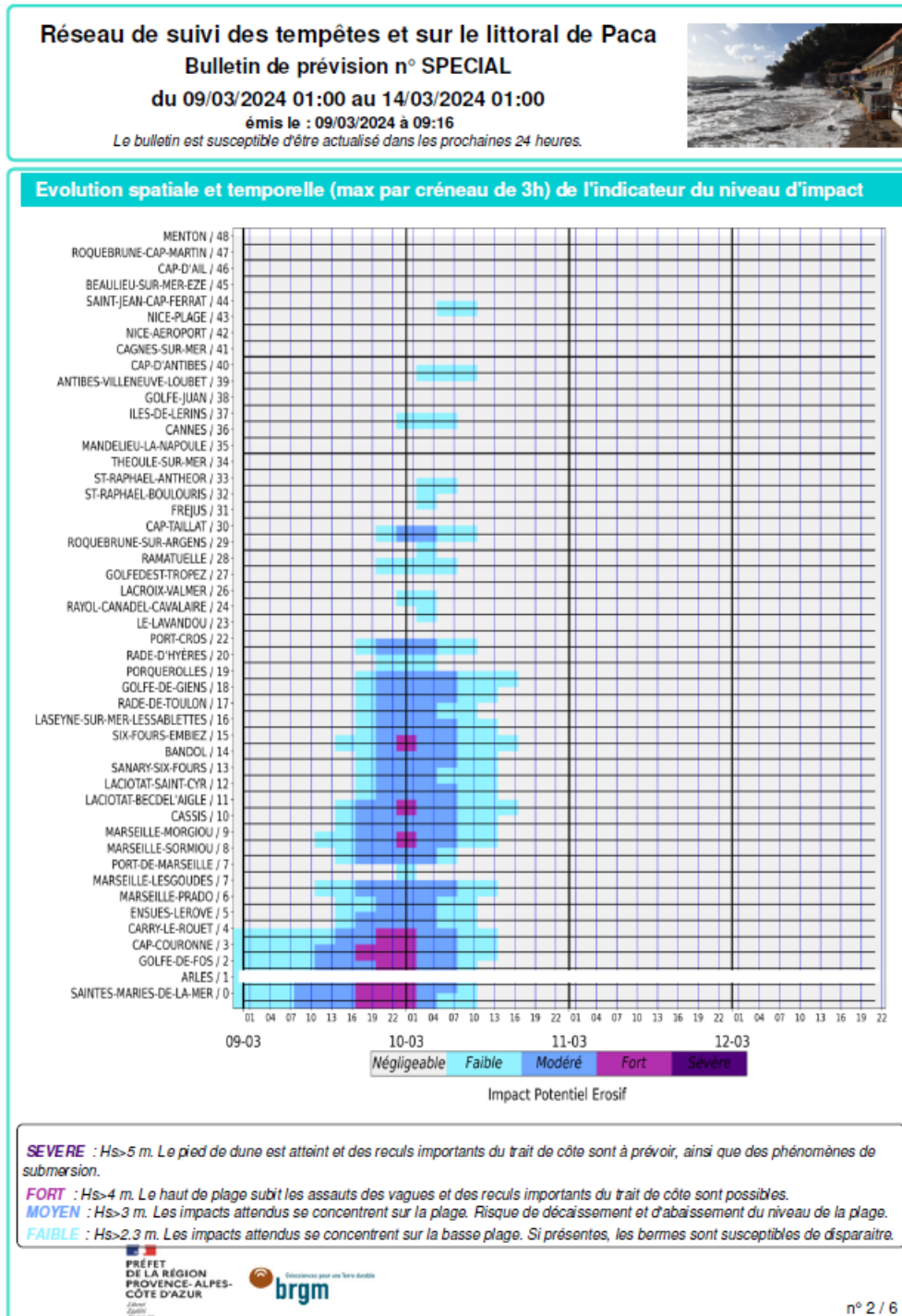
PRÉFET DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

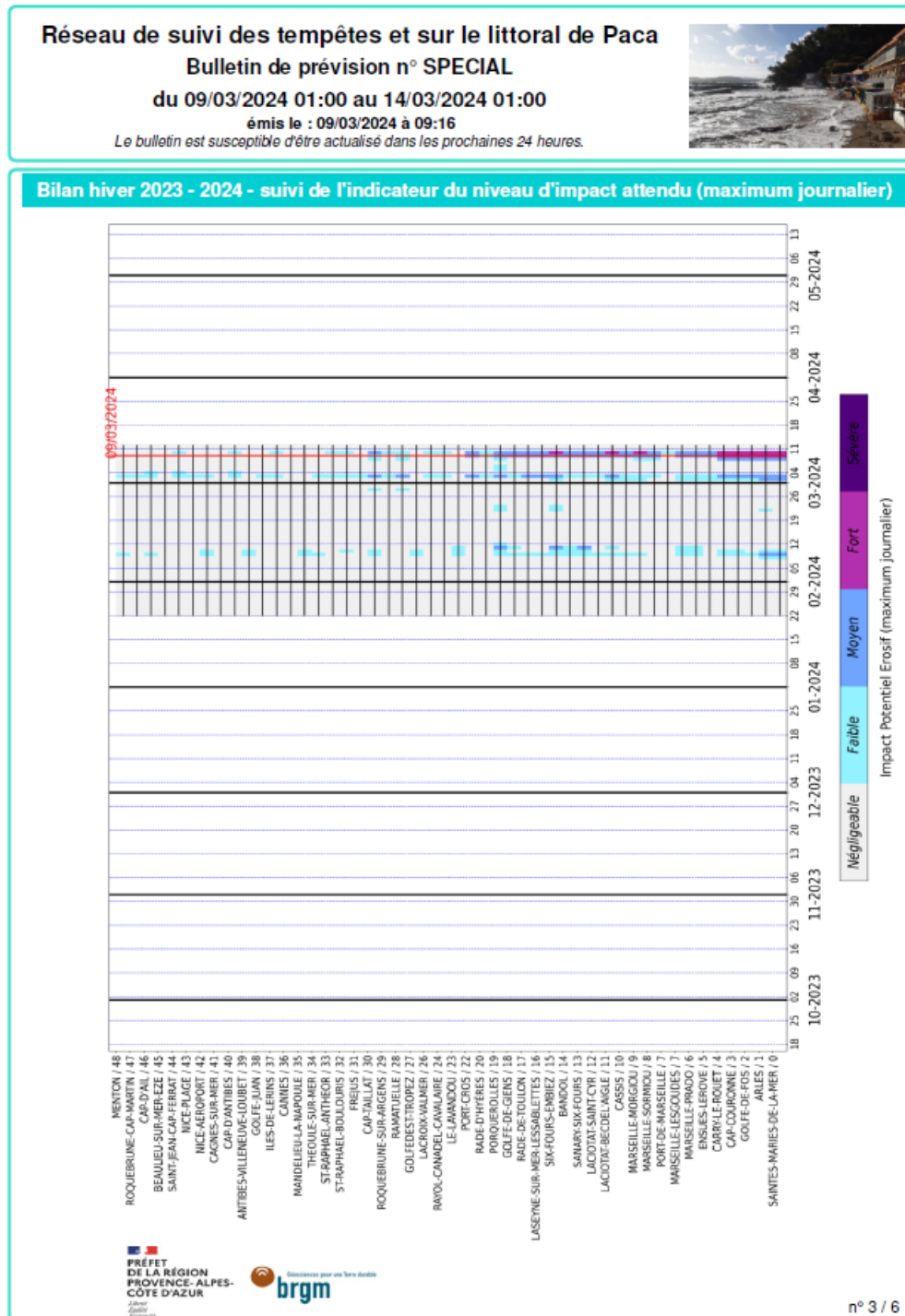
Julien Ferradou



Associations pour un tiers littoral

n° 1 / 6





Réseau de suivi des tempêtes et sur le littoral de Paca

Bulletin de prévision n° SPECIAL

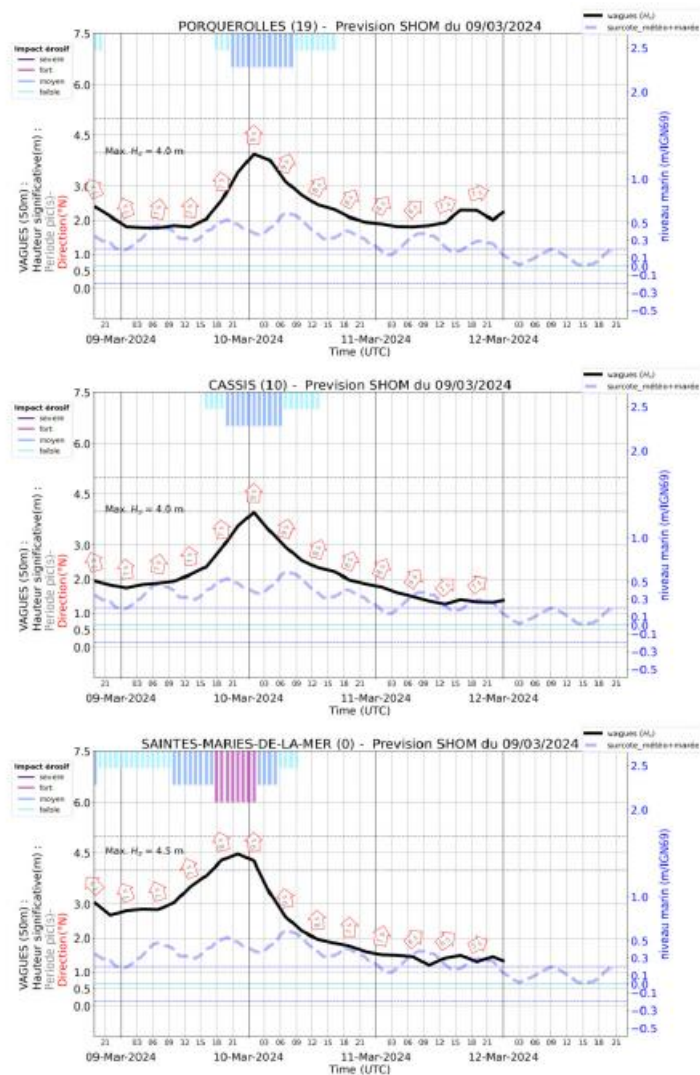
du 09/03/2024 01:00 au 14/03/2024 01:00

émis le : 09/03/2024 à 09:16

Le bulletin est susceptible d'être actualisé dans les prochaines 24 heures.



Evolution temporelle des prévisions par station



Réseau de suivi des tempêtes et sur le littoral de Paca

Bulletin de prévision n° SPECIAL

du 09/03/2024 01:00 au 14/03/2024 01:00

émis le : 09/03/2024 à 09:16

Le bulletin est susceptible d'être actualisé dans les prochaines 24 heures.



Avertissement - Descriptif

Le dispositif Surveillance Aléa Côtier du Réseau Tempêtes permet la veille des événements météo-marins pouvant générer des phénomènes d'érosion et de submersion marines sur le littoral en PACA. Les membres du Réseau Tempêtes sont invités à partager les informations relatives à l'événement et les observations terrain remarquables par mail à l.ferradou@brgm.fr dans l'attente de la mise en ligne d'une interface spécifique sur le site <https://www.observatoire-regional-risques-paca.fr/> ou via l'application smartphone dédiée.

Ce bulletin fournit une information synthétique prévisionnelle à 5 jours du niveau d'impact attendu sur le côte en Paca. L'indicateur du potentiel d'impact érosif affiché est calculé à partir (1) de données de prévisions océanographiques côtières issues des modèles de la plateforme data.shom.fr (site SHOM - Météo-France), et (2) des données morphogènes définies par le BRGM lors de la mise en place du Réseau en région Occitanie en 2010 mais en cours de réévaluation sur PACA. Chaque pastille (associée à un n° et un nom de site) figurant sur ce bulletin représente un linéaire d'environ 5km sur l'isobathe 50 m, ce qui ne permet pas d'interprétation de l'évolution à une échelle locale.

Ces prévisions à l'échelle régionale sont à vocation informative uniquement et destinées aux seuls membres du Réseau Tempêtes de Paca. Elles résultent de l'interprétation d'informations objectives ponctuelles et non systématiques en fonction de l'état de la science et de la connaissance à un moment donné.

Ce bulletin est mis à disposition en l'état par le Brgm qui n'apportent aucune garantie, qu'elle soit expresse ou tacite, quant à son exactitude et à son caractère exhaustif. Le Brgm décline toute responsabilité quant à la pertinence de ce bulletin au regard des besoins particuliers des utilisateurs et quant à l'utilisation qui en sera faite. Plus particulièrement, ce bulletin ne se substitue pas à la Vigilance Vagues Submersion (VVS) de Météo-France (vigilance.meteofrance.com), seule référence en matière d'alerte sur la submersion marine. Les informations contenues dans ce bulletin ne doivent pas être utilisées à des fins de mise en sécurité des personnes. Les utilisateurs renoncent à tout recours contre le le Brgm sur la base de tout dommage qu'ils pourraient subir du fait ou à l'occasion de l'utilisation de ce bulletin qu'ils feraient et tiendront indemnes le Brgm de tout recours de tiers qui pourrait être fait à ce titre.

Contact : l.ferradou@brgm.fr



PRÉFET
DE LA RÉGION
PROVENCE-ALPES-
CÔTE D'AZUR



n° 6 / 6



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale ou UTAM

Adresse

Tél. :

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm