



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

« Réseau Tempête » Occitanie 2022-2023

Rapport final

BRGM/RP-72836-FR

1er juin 2023

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

Balouin Yann et Valentini Nico

Vérificateur :

Nom : E. Palvadeau.

Fonction : Chef de projet Littoral

Date : 04/07/2023 04/07/2023

Signature :

Approbateur :

Nom : A. Rey

Fonction : Directeur Régional Occitanie

Date : 06/07/2023

Signature :

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.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers 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 :

Balouin Yann et Valentini Nico (2023) – « Réseau Tempête » Occitanie 2022-2023. Rapport final V1. BRGM/RP-72836-FR, 54 p.

© BRGM, 2023, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-21/09/2021

Synthèse

Dans le contexte actuel de forte exposition du littoral d'Occitanie aux aléas d'érosion côtière et de submersion marine, le réseau de surveillance des tempêtes et de leurs impacts (« Réseau Tempête » <http://www.littoral-occitanie.fr/Le-reseau-tempetes>) permet de mutualiser et d'homogénéiser les démarches de suivi existantes à l'échelle régionale.

Ce réseau a été développé et mis en œuvre dans le cadre des *Etudes stratégiques et prospectives sur l'évolution des risques littoraux* du Contrat de Projet Etat-Région (CPER) 2007-2013, à la suite d'une étude de faisabilité qui en a établi les grands principes (Balouin *et al.*, 2011).

Depuis 2018, la DREAL Occitanie a souhaité redynamiser la démarche en relançant l'animation et le pilotage du réseau, la formation des observateurs et la simplification des procédures de remontée et de visualisation des observations réalisées.

Lors de l'année 2021-2022, plusieurs modifications ont été apportées aux outils développés, et en particulier la mise en production d'un bulletin automatique post-tempête complet à 5 jours donnant le bilan complet de l'événement, de ses caractéristiques physiques, des cartes de synthèse des impacts recensés à l'ensemble des fiches d'observations de terrain. Ce bulletin à 5 jours complète le bulletin « à chaud » émis à 24 h qui permet lui une synthèse rapide sur l'ampleur de l'événement et une visualisation rapide du littoral au pic de la tempête grâce aux images des caméras publiques.

Pendant l'hiver 2022-2023, le réseau n'a été activé qu'une fois. Seule une tempête a dépassé le niveau 3 qui demande la mobilisation des observateurs sur le terrain. Il s'agit de la tempête du 7 février 2023. De manière générale, les observations recueillies par le réseau lors de cet événement (environ 150 observations remontées) mettent en évidence des impacts modérés avec une submersion faible et localisée, une érosion localisée et des dégâts qui restent de faible ampleur.

La forte mobilisation pendant cet événement a permis de produire un bulletin post-tempête complet automatique qui présente de manière exhaustive toutes les informations recueillies sur cette tempête 5 jours après son pic.

Cet événement isolé dans une saison hivernale très calme a atteint le stade de tempête sévère, même si le niveau d'eau maximal atteint très faible a limité fortement les impacts en terme d'érosion et de submersion. Il sera en conséquence ajouté au visualisateur d'analogues en ligne, qui se base sur les événements les plus importants observés depuis la mise en place du réseau en 2011. Il permet, pour un événement annoncé, de visualiser rapidement les impacts observés pour une tempête passée récente de même niveau. Cet outil prend en compte différentes caractéristiques des tempêtes : leur direction de provenance, la hauteur de vague et le niveau d'eau à la côte. Cette base d'analogues est disponible sur le site <http://littoral-occitanie.fr/Impacts-des-tempetes-passees-Analogues>.

Ces outils de mobilisation et de synthèse post-tempête sont désormais opérationnels, même s'ils pourront bien sûr faire l'objet de modification et d'amélioration en fonction du retour des utilisateurs du réseau et de leur besoin en terme de synthèse d'impact ou d'anticipation de l'effet d'un événement annoncé.

Sommaire

1. Introduction.....	7
2. Gestion du réseau	9
2.1. Rappel du fonctionnement général du réseau tempête	9
2.2. Réseau d'observateurs	10
2.3. Rappel des outils disponibles pour les membres du réseau.....	11
2.3.1. Outils de mobilisation.....	11
2.3.2. Outils de saisies d'observations	11
3. Activité du réseau.....	15
3.1. bilan des événements de l'hiver 2022-2023	15
3.2. Retour d'expérience sur le fonctionnement du réseau	19
3.2.1. Visite pré-hivernale de septembre 2022.....	19
3.2.2. Bulletin post-tempête "à chaud".....	20
3.2.3. Bulletin post-tempête complet	22
4. Tempête du 6 au 9 Février 2023	25
5. Conclusion.....	31
6. Bibliographie.....	33

Liste des illustrations

Illustration 1 – Seuils morphogènes / suivis retenus pour les observations des tempêtes et de leurs impacts.	8
Illustration 2 – Dispositif opérationnel du réseau de suivi des tempêtes et de leurs impacts sur le littoral d'Occitanie.	9
Illustration 3 – Cartographie des points fixes du réseau tempêtes en 2022-2023.	10
Illustration 4 – Contenu du bulletin de mobilisation automatique du réseau lorsqu'un événement est prévu.....	11
Illustration 5 – Exemples des écrans Tempête disponibles sur l'application i-infoterre pour renseigner les observations de terrain.	12
Illustration 6 – Exemple de fiche Tempête visualisable sur le Portail http://littoral-occitanie.fr/	13
Illustration 7 – Classement des tempêtes selon leur niveau et leur localisation aux bouées côtières (hauteur significative de la houle au pic de la tempête) depuis 2009. Données candhis.....	16
Illustration 8 – Hauteur significative des vagues aux bouées DREAL-Candhis pendant l'hiver 2022-2023, source Candhis. La zone encadrée en rouge correspond à l'unique tempête de l'hiver, de niveau 3. Source CANDHIS.	17
Illustration 9 – Niveau d'eau atteint aux différents marégraphes de la région Occitanie pendant l'hiver 2022-2023, source Data-SHOM.	17
Illustration 10 – Vitesse du vent moyen enregistré aux stations Synop (Meteo-France) lors de la saison hivernale 2022-2023.	18

Illustration 11 – Pression atmosphérique enregistrée aux station Synop (Météo-France) lors de la saison hivernale 2022-2023.....	18
Illustration 12 - Nombre de fiches de photos capitalisées sur la BD-Tempête pendant la tempête du 7 février 2023 par départements et par communes.	19
<i>Illustration 13 – bulletin automatique post-tempête « à chaud » produit 24h après l'événement du 7 février 2023.</i>	<i>21</i>
Illustration 14 – Contenu du bulletin automatique post-tempête complet.	23
Illustration 15 – Niveaux d'eau enregistrés aux marégraphes d'Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023 (en haut : niveaux en m NGF ; en bas : Hauteur significative de la houle (m). Données Data-Shom et Candhis en temps Universel (TU).....	25
Illustration 16 – prévision du modèle MARC (https://marc.ifremer.fr/) illustrant l'intensité et la direction des vagues lors de la tempête du 7 février 2023.	26
Illustration 17 – Exemples d'observations d'érosions sur le littoral d'Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023.	27
Illustration 18 - Exemples d'observations de submersion marine sur le littoral d'Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023.	28
Illustration 19 - Exemples d'observations de dégâts sur le littoral d'Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023.	29

Liste des annexes

Annexe 1	Bulletin post-tempête complet émis suite à la tempête du 7 février 2023	35
----------	---	----

1. Introduction

Dans le contexte actuel de forte exposition du littoral d'Occitanie aux aléas d'érosion côtière et de submersion marine, le réseau de surveillance des tempêtes et de leurs impacts (« Réseau Tempête ») permet de mutualiser et d'homogénéiser les démarches de suivi existantes à l'échelle régionale.

Ce projet est réalisé dans le cadre d'une convention de recherche et développement partagés entre la Direction Régionale pour l'Environnement, l'Aménagement et le Logement d'Occitanie (DREAL Occitanie) et le BRGM.

Suite à une étude de faisabilité (Balouin *et al.*, 2011) constituant le réseau partenarial et le protocole de suivi, le dispositif a été mis en œuvre de manière opérationnelle pour la période hivernale 2011-2012 (De la Torre et Balouin, 2012), 2012-2013 (De la Torre *et al.*, 2013) et 2013-2014 (De la Torre *et al.*, 2015). Le dispositif a été maintenu sans financement entre 2015 et 2018 et fait l'objet d'un financement DREAL Occitanie – BRGM depuis 2019 (Balouin et Valentini, 2020).

Le Réseau Tempête est constitué de 9 partenaires que sont :

- l'Etat (Préfecture de Région, DREAL, DDTM30-34-11-66),
- la Région Occitanie,
- le Conseil Départemental de l'Hérault,
- la Communauté d'Agglomération Béziers Méditerranée,
- la Communauté d'Agglomération Hérault Méditerranée,
- Perpignan Méditerranée Métropole,
- Sète Agglopol Méditerranée,
- l'EID-Méditerranée,
- le BRGM.

Le réseau est activé en fonction des prévisions de hauteur significative des vagues au large (à environ 50 m de profondeur) dans le Golfe du Lion suivant 3 seuils (cf. Illustration 1):

- Seuil 1 : lorsque les vagues atteignent 3 m, les mesures et images réalisées sur les instruments (houlographes, marégraphes, stations météorologiques et stations vidéo) sont rapatriées ;
- Seuil 2 : lorsque les vagues atteignent 4 m, les opérateurs de chaque partenaire se rendent en outre sur le terrain sur les secteurs prédéfinis qui leur sont attribués (« Points Fixes » et littoral adjacent) afin de relever des indicateurs et prendre des photographies selon un protocole identique ;
- Seuil 3 : lorsque les vagues atteignent 5 m, un levé photographique aéroporté, des mesures topo-bathymétriques et des sorties de modélisation (surcote, run-up) sont en plus déployées.

Les données sont mutualisées dans une base de données en ligne accessible via une page dédiée sur site <http://littoral-occitanie.fr/Le-reseau-tempetes> qui permet aux membres du réseau de saisir les observations et qui génère automatiquement des fiches par tempête.

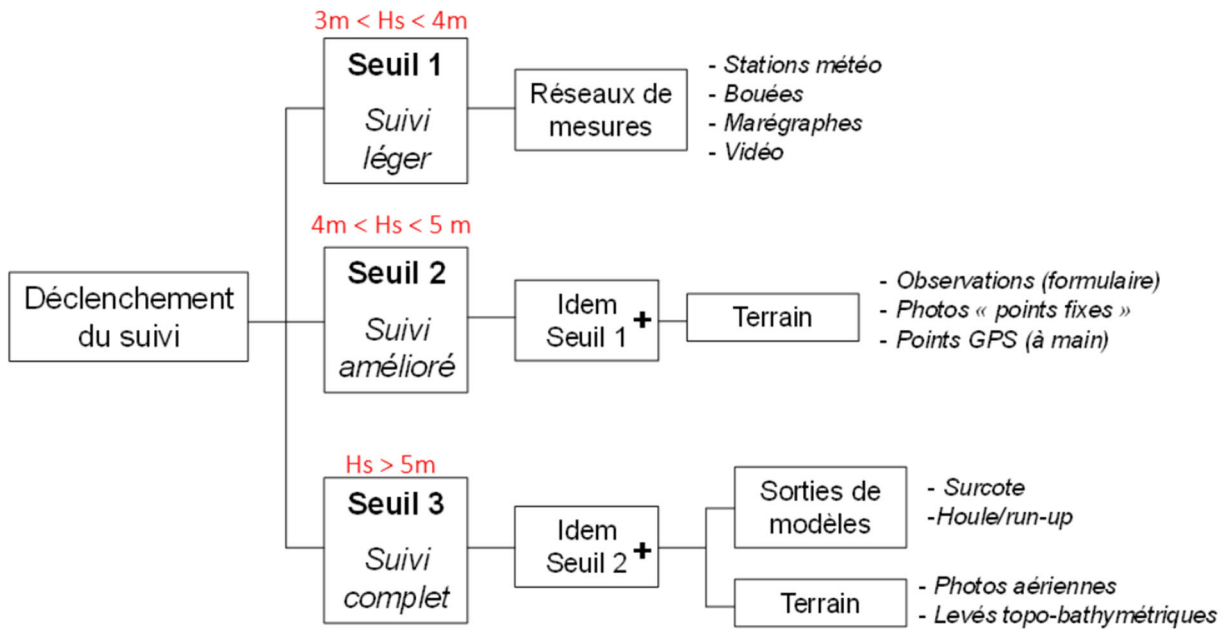


Illustration 1 – Seuils morphogènes / suivis retenus pour les observations des tempêtes et de leurs impacts.

Ce rapport présente les derniers développements d'outils en support aux activités du réseau et la synthèse des tempêtes survenues lors de l'hiver 2022-2023.

Les données détaillées sont disponibles sur le site <http://www.littoral-occitanie.fr/-Le-Reseau-Tempete->.

2. Gestion du réseau

2.1. RAPPEL DU FONCTIONNEMENT GENERAL DU RESEAU TEMPETE

L'origine du réseau tempête en 2010 reposait sur 2 constats : le besoin de données sur les tempêtes et leurs impacts et l'existence d'observations non homogènes et difficilement accessibles.

Le besoin de données de référence sur les tempêtes est nécessaire pour :

- Mieux comprendre les phénomènes et valider les travaux de caractérisation des aléas côtiers (érosion, submersion) à l'échelle locale et régionale ;
- Mieux appréhender la gestion des tempêtes à l'échelle locale et régionale.

La plupart des collectivités, services de l'Etat, organismes publics réalisaient des observations suite aux événements de tempêtes sans toutefois coordonner les efforts ni utiliser des protocoles communs, ce qui rendaient les données acquises difficilement exploitables. L'idée initiale du réseau était par conséquent d'homogénéiser, régionaliser et mutualiser ces suivis existants et de capitaliser et valoriser les informations recueillies, dans le but à terme d'une meilleure connaissance des tempêtes impactant le littoral d'Occitanie.

De ce fait, s'appuyant sur des observations déjà réalisées par les partenaires du réseau, il s'agit d'un réseau participatif visant à mutualiser les démarches existantes, sans budget spécifique alloué et sans obligation morale ou financière des partenaires. De même, les informations transmises n'impliquent ni transfert de données (à l'exception des photographies), ni transfert de propriété intellectuelle.

Le déclenchement des observations est réalisé par une analyse du BRGM des conditions hydrodynamiques prévues (3 jours à l'avance) et l'envoi automatique d'un message électronique aux observateurs si les prévisions dépassent les seuils morphogènes préalablement établis (Balouin *et al.*, 2010) (cf. Illustration 2).

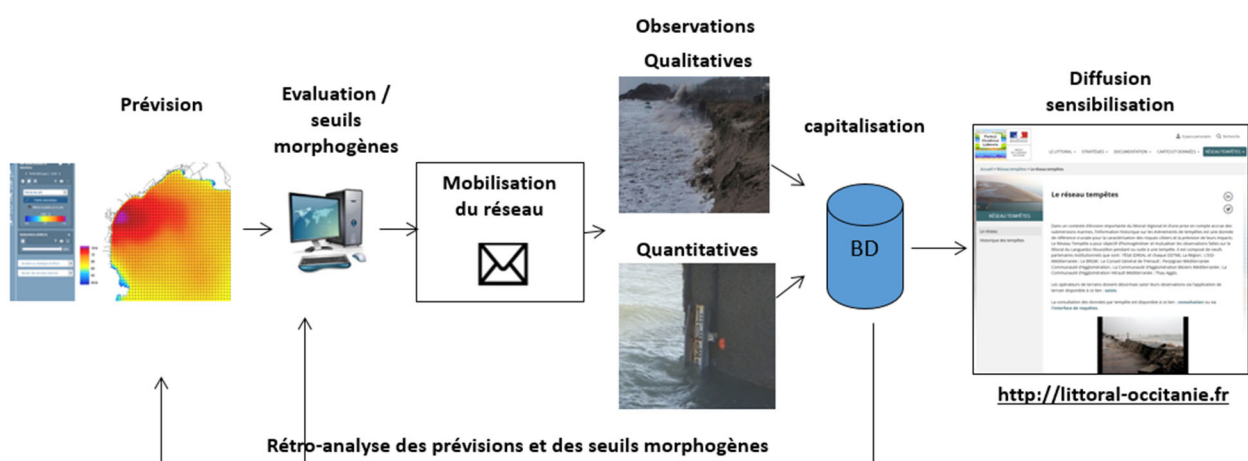


Illustration 2 – Dispositif opérationnel du réseau de suivi des tempêtes et de leurs impacts sur le littoral d'Occitanie.

Les observateurs ont en charge un certain nombre de point fixes (65 au total, cf. Illustration 3) sur lesquels des observations systématiques doivent être réalisées (qu'il y ait un impact ou non), avec la liberté d'ajouter des points d'observation libres si la situation le requiert.

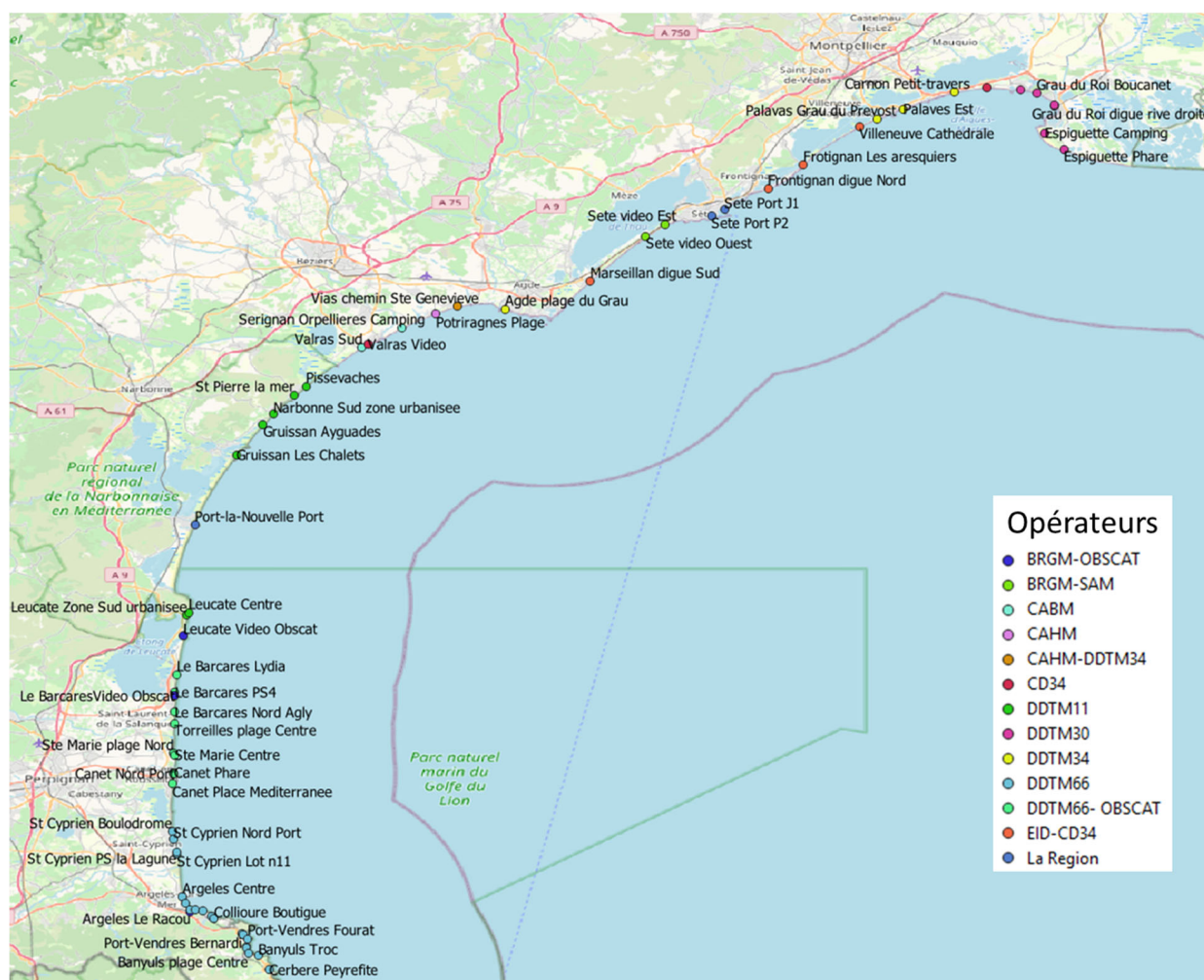


Illustration 3 – Cartographie des points fixes du réseau tempêtes en 2022-2023.

2.2. RESEAU D'OBSERVATEURS

Depuis la mise en œuvre opérationnelle du réseau en 2011, de nombreux observateurs ont été ajoutés à la liste qui compte aujourd'hui 101 personnes.

La liste actuelle de diffusion par mail aux observateurs est hébergée sur Renater (reseau_tempete@groupes.renater.fr).

2.3. RAPPEL DES OUTILS DISPONIBLES POUR LES MEMBRES DU RESEAU

2.3.1. Outils de mobilisation

Le déclenchement automatique du réseau est basé sur une routine informatique qui accède aux prévisions de houle SHOM – Météo-France, disponibles sur le portail data.shom.fr (modèle WaveWatch III) à 5 j. Ces prévisions météorologiques et océanographiques proposées sur le site sont les résultats bruts des simulations numériques issues des modèles du SHOM et de Météo-France, sans avoir été expertisées et validées par des prévisionnistes océanographes ou météorologues. Ces prévisions numériques ne remplacent pas les services de vigilance et d'alertes météorologiques de Météo-France.

Lorsque le seuil de hauteur significative de la houle de 3 m est franchi à l'un des points de la grille du modèle correspondant à la position des houlographes (bouées Espiguette, Sète, Leucate et Banyuls), un bulletin de mobilisation est émis automatiquement et envoyé à tous les membres du réseau.

Le bulletin de mobilisation (cf. Illustration 4) informe de l'arrivée d'une tempête et donne les caractéristiques globales attendues en termes de hauteur de vagues, direction, heure du pic extraites de simulations des modèles de prévision à proximité de la côte.

Il fournit aux membres du réseau les caractéristiques de l'événement attendu, la cartographie des secteurs potentiellement impactés pour les 5 jours à venir, le niveau d'impact attendu pour chaque commune, l'historique de ce niveau d'impact pendant l'hiver pour chaque commune et des courbes de hauteurs de vagues et de niveaux d'eau prédits pour une sélection de sites le long du littoral d'Occitanie. Il rappelle enfin les précautions d'usage.

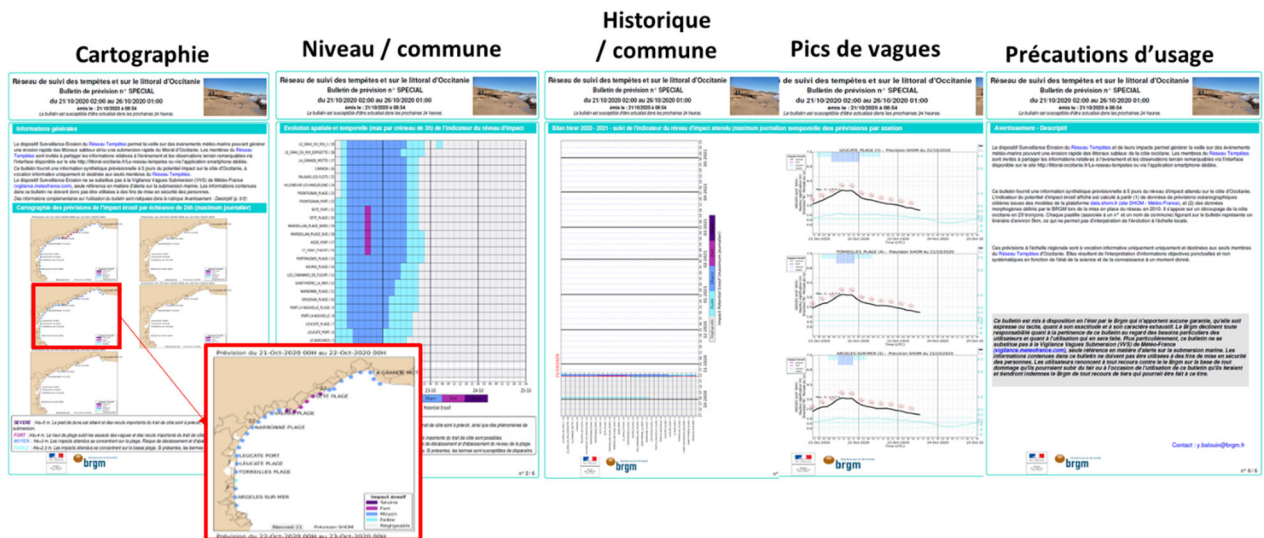


Illustration 4 – Contenu du bulletin de mobilisation automatique du réseau lorsqu'un événement est prévu.

2.3.2. Outils de saisies d'observations

Afin de saisir leurs observations de terrain, les membres du réseau peuvent utiliser l'interface de saisie du Portail Occitanie littorale (<http://littoral-occitanie.fr/Le-reseau-tempetes>) ou utiliser l'application smartphone i-InfoTerre™ qui permet la prise de photos, le remplissage du formulaire

prédéfini sur les impacts de l'évènement en terme d'érosion, de submersion et de dégâts et d'ajouter leurs photographies (cf. Illustration 5).

Le contenu détaillé du masque tempête de l'application est disponible dans le rapport de Balouin et Valentini (2021).

Quel que soit l'outil utilisé, les observations sont versées dans la BD-Tempête qui capitalise toutes les observations recensées depuis 1940. Le Portail Occitanie Littorale permet la consultation de l'historique des tempêtes, les fiches relatives à chaque événement (cf. Illustration 6) ainsi qu'un outil de requêtes permettant de rechercher les événements avec des caractéristiques données ou ayant touché telle ou telle commune (<http://fichetempete.brgm.fr/pages/recherche.jsf?rid=91>).

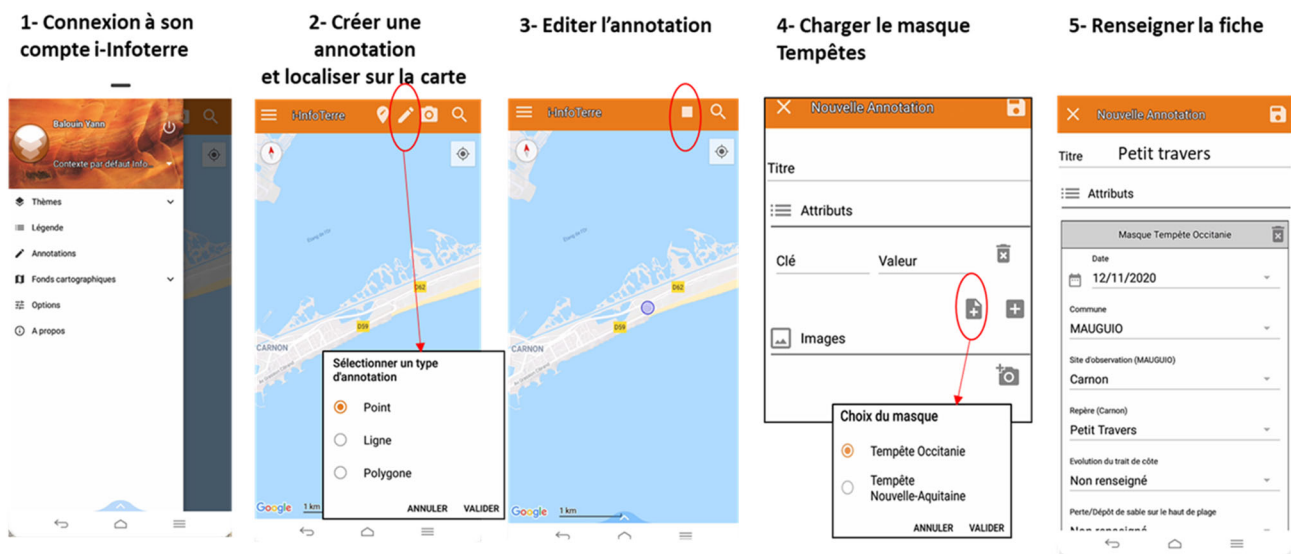


Illustration 5 – Exemples des écrans Tempête disponibles sur l'application i-infoterre pour renseigner les observations de terrain.

20220313 Fiche tempête

Début de tempête : 11/03/2022 à 07:00
Fin de tempête : 14/03/2022 à 12:00
Durée de la tempête : 125h 0m

Commentaires :
Le littoral de la région Occitanie a été exposé à la tempête 11032022 du 11-03-2022 00:30 au 16-03-2022 08:00.
La tempête de 123°N, a atteint son pic à 10:00 hr (UTC), le 13-03-2022.
Les hauteurs de vagues au large ont atteint 5.3 m et 4.9 m (H1/3), aux houlographes de Sète et Leucate.
Les niveaux d'eau maximum enregistrés (SHOM, données temps réel) sont de l'ordre de 0.58 m NGF au marégraphe de Port-Camargue (soit environ 0.87 m cote marine) et une surcote maximale de 0.39 m à Port-La-Nouvelle.
Les vents moyens, de 170°N, ont atteint des valeurs maximales de l'ordre de 77 km/h, le 13-03-2022 04:00 à la station de Leucate.
Cet événement a atteint le seuil 3 du protocole (Hs comprise entre 5 et 10 m) et constitue une tempête **severe**.
Les pluies ont par ailleurs atteint 27.7 millimètres en une heure, le 12-03-2022 12:00 (hr), à la station de Leucate.
L'événement a fait l'objet d'une mise en vigilance vagues-submersion (maximale #jaune) par **Météo France**: départements concernés: [GDEPT34](#), [GDEPT11](#), [GDEPT66](#), [GDEPT20](#).

Caractéristiques hydrométéorologiques

Données de vent

Point de mesure	Vitesse moyenne max	Vitesse instantanée max	Direction	Heure	Commentaire
Sète (SYNOP)	53.00 km/h	105.00 km/h	Est-Sud-Est	13/03/2022 à 08:00	station SYNOP
Montpellier-Fréjorques	72.00 km/h	104.00 km/h	Est-Sud-Est	13/03/2022 à 12:00	station SYNOP
Perpignan-Rivesaltes	39.00 km/h	63.00 km/h	Est-Sud-Est	13/03/2022 à 06:00	Station SYNOP
Sémaphore Cap Béar	66.00 km/h	82.00 km/h	Sud-Est	13/03/2022 à 02:00	Station SYNOP
Leucate (SYNOP)	77.00 km/h	103.00 km/h	Est-Sud-Est	13/03/2022 à 03:00	station SYNOP

Données de pression

Point de mesure	Pression	Heure	Commentaire
Perpignan-Rivesaltes	1012 hPa	13/03/2022 à 12:00	Station SYNOP

Impacts à la commune

Vias

Domage

☐ Bâtiment ☐ Bateau ☐ Ouvrage de protection ☐ Infrastructure portuaire ☐ Victime

Autres infrastructures :

Autres impacts : Nombreux bois flottés sur le rivage de la mer entre la Tamarissière et le débouché en mer du fleuve Aude au aux crues des fleuves Hérault et Orb

Commentaires divers : Perte de sable dans le profil de la plage notamment au droit du camping la dune sur la Côte Ouest de Vias (Exercice 1 phase de reconstitution spatiale)

État de catastrophe naturelle : NON

Observations



Observation Submersion Recul du trait de côte (m) Dégâts

Département	Commune	Site	Lien
66	CANET-EN-ROUSSILLON	703224.0, 6179087.0	Voir la fiche
34	MAUGUISO	Canon	Voir la fiche
34	VALRAS-PLAGE	Valras	Voir la fiche
34	VILLENEUVE-LES-MAGUELONE	Maguelone	Voir la fiche
34	FRONTIGNAN	Frontignan	Voir la fiche
34	PORTIRAGNES	Portiragnes	Voir la fiche

Synthèse de l'événement

Caractéristiques physiques (vent, houle, niveau d'eau, ...)

Dommages majeurs

Cartographie des observations érosion/submersion/dégâts

Fiches d'observation

Illustration 6 – Exemple de fiche Tempête visualisable sur le Portail <http://littoral-occitanie.fr/>.

3. Activité du réseau

3.1. BILAN DES EVENEMENTS DE L'HIVER 2022-2023

Pendant l'hiver 2022-2023, le réseau a été activé une seule fois (cf. Illustration 7) pour la tempête du 7 février 2023 qui a atteint le niveau 3 ($H_s > 5$ m) demandant la mobilisation des observateurs sur le terrain.

A l'exception de cet événement, les hauteurs de vagues enregistrées aux houlographes sont restées globalement inférieures à 2 m pendant tout l'hiver. A noter que les enregistrements aux houlographes de Sète et l'Espiguette ont été interrompus pendant de longues périodes cette saison. Toutefois, les différents modèles de vagues disponibles n'ont prévu aucun événement notable sur ces secteurs pendant ces interruptions.

Comme pour la saison hivernale précédente, cet hiver est un peu atypique avec un seul événement de niveau 3 et pas d'événements de niveau 2 (cf. Illustration 7 et 8).

Le seul événement de l'hiver est la tempête d'Est du 7 février 2023 qui a été associée à une goutte froide et de fortes précipitations neigeuses dans le Roussillon. Les vagues ont atteint 5,3 m à la bouée de Leucate et 5,6 m à celle de Banyuls (en terme de hauteur significative). La houle étant de secteur Est, c'est la partie littorale des Pyrénées Orientales et de l'Aude qui a été la plus impactée. A noter que lors de cet événement, les houlographes de Sète et de l'Espiguette étaient hors service et les mesures dans la partie nord du Golfe du Lion ne sont pas disponibles.

Le niveau maximal de la mer enregistré par les marégraphes atteint au maximum environ 0,7 m NGF le 15 décembre 2022 (à Port-la-Nouvelle, données validées temps différé), événement de Sud qui n'a pas généré de fortes vagues sur le littoral (cf. Illustration 9). La tempête du 7 février était, elle, caractérisée par un niveau peu élevé (0,39 m NGF à Port-La-Nouvelle). A noter que le marégraphe de Port-Camargue était hors service lors de cet événement.

Les vents moyens sont restés relativement modérés, avec un maximum de vent marin mesuré à Leucate lors de la tempête du 7 février, atteignant 22 m/s (environ 80 km/h)(cf. illustration 10). Au Cap Béar, les vents enregistrés ont des vitesses plus élevées, notamment pour les périodes de Mistral et/ou Tramontane, mais ces fortes valeurs sont liées à la position de la station de mesure, et ne sont pas représentatives de ce qui est observé sur le littoral lors de ces épisodes de vents de terre.

Deux épisodes de forte dépression atmosphérique ont été enregistrés (cf. illustration 11): le premier est celui du 15 décembre, qui a contribué au niveau d'eau maximal atteint lors de la saison hivernale ; l'autre le 17 janvier 2023 avec des valeurs proches de 990 hPa. Ce dernier épisode n'a toutefois pas généré de fort niveau marin, car associé à un niveau de marée très faible.

début	fin	Hs_Espiguette	Hs_Sete	Hs_Leucate	Hs_Banyuls
20/10/2009 11:00	21/10/2009 12:00	3,1	4,5	3,4	
21/12/2009 07:00	21/12/2009 12:00		3,5		
14/01/2010 09:00	14/01/2010 21:00		4,8	4,0	2,9
05/02/2010 01:00	05/02/2010 04:00		3,2		
16/02/2010 20:00	17/02/2010 06:00		3,9		3,1
27/02/2010 23:00	28/02/2010 04:00		3,6		
03/03/2010 13:00	03/03/2010 21:00				3,9
08/03/2010 12:00	08/03/2010 18:00				3,9
11/10/2010 04:00	11/10/2010 06:00		3,4	4,8	3,6
05/12/2010 00:00	05/12/2010 00:00	3,4			
29/01/2011 12:00	29/01/2011 15:00		3,4	3,7	3,5
08/03/2011 06:00	08/03/2011 06:00		3,1	3,1	3,1
12/03/2011 10:00	13/03/2011 17:00	4,0	5,3	4,9	4,3
14/03/2011 22:00	15/03/2011 14:00	3,1	3,9	4,6	4,3
23/04/2011 03:00	23/04/2011 03:00		3,0	3,5	3,3
24/10/2011 06:00	24/10/2011 21:00	3,3	3,7	4,0	3,3
27/10/2011 17:00	28/10/2011 20:00	3,2		3,5	3,7
03/11/2011 13:00	03/11/2011 21:00	3,9		3,6	
19/11/2011 07:00	19/11/2011 08:00		3,2		3,5
25/04/2012 16:00	25/04/2012 16:00	3,2	3,2		
18/10/2012 05:00	18/10/2012 23:00	3,4	3,5	3,7	3,4
19/10/2012 14:00	19/10/2012 14:00		3,1	3,3	3,0
31/10/2012 06:00	31/10/2012 13:00			4,0	3,8
10/11/2012 02:00	10/11/2012 05:00	3,3	3,1		
13/12/2012 22:00	13/12/2012 22:00	3,1	3,1		
19/01/2013 12:00	19/01/2013 22:00	3,2	4,2		
01/03/2013 12:00	01/03/2013 12:00				3,1
05/03/2013 02:00	06/03/2013 20:00	3,7	4,6	6,1	4,8
16/03/2013 18:00	17/03/2013 20:00	3,4	3,5		
18/05/2013 16:00	18/05/2013 16:00	3,1	3,1		
24/12/2013 12:00	25/12/2013 05:00	4,5	4,3		
05/02/2014 04:00	07/02/2014 09:00	3,3	3,4		
09/02/2014 22:00	10/02/2014 01:00	3,0	3,1		
03/04/2014 00:00	03/04/2014 06:00		3,2	3,0	
21/05/2014 16:00	21/05/2014 16:00		3,2	3,0	
28/11/2014 02:00	29/11/2014 04:00		4,8	4,4	4,2
29/09/2015 18:00	30/09/2015 12:00				3,5
02/11/2015 20:00	03/11/2015 11:00	4,3	4,2	4,0	3,7
06/02/2016 18:00	07/02/2016 05:00	3,5	3,7	3,0	
27/02/2016 06:00	28/02/2016 12:00	3,4		3,4	
31/03/2016 14:00	31/03/2016 14:00	3,0	3,0		
09/05/2016 16:00	10/05/2016 00:00	3,0	3,2	3,3	2,9
13/10/2016 03:00	14/10/2016 05:00		5,1	5,3	4,8
23/10/2016 13:00	23/10/2016 16:00		3,2		
21/11/2016 06:00	21/11/2016 20:00		3,4		
23/11/2016 17:00	23/11/2016 23:00		3,5	4,0	3,5
19/12/2016 21:00	20/12/2016 08:00				3,6

début	fin	Hs_Espiguette	Hs_Sete	Hs_Leucate	Hs_Banyuls
22/01/2017 02:00	22/01/2017 02:00				4,3
27/01/2017 08:00	28/01/2017 01:00	3,3	3,8	3,0	3,2
02/02/2017 12:00	02/02/2017 12:00		3,1		
12/02/2017 15:00	14/02/2017 11:00	3,7	4,4	4,9	4,1
04/03/2017 00:00	04/03/2017 10:00	3,9	4,1	3,8	
25/03/2017 05:00	25/03/2017 08:00	3,0	3,6	4,2	3,3
11/12/2017 06:00	11/12/2017 06:00	4,6	3,5		
07/01/2018 01:00	07/01/2018 09:00	2,9	3,6	4,1	4,0
28/02/2018 16:00	02/03/2018 04:00	4,3	5,6	6,2	5,2
10/03/2018 18:00	10/03/2018 19:00	3,1	3,0		
03/04/2018 18:00	04/04/2018 18:00	3,0	3,2		
08/04/2018 16:00	08/04/2018 20:00	3,1	4,0		
11/04/2018 04:00	11/04/2018 14:00	3,4	4,0	3,5	
15/10/2018 03:00	15/10/2018 15:00	4,0	4,6	4,0	3,2
31/10/2018 12:00	31/10/2018 20:00	3,3	3,6		
17/11/2018 23:00	18/11/2018 10:00			3,4	4,0
13/12/2018 19:00	13/12/2018 21:00			3,4	3,9
06/03/2019 16:00	06/03/2019 22:00	3,3	3,5		
22/04/2019 19:00	22/04/2019 21:00			3,4	3,8
24/04/2019 15:00	25/04/2019 19:00	3,5	3,2		
21/09/2019 06:30	21/09/2019 22:30	2,9	3,0	3,3	3,3
22/10/2019 18:00	24/10/2019 05:00	3,7	4,5	4,0	4,2
22/11/2019 13:00	23/11/2019 19:30	4,1	3,7	3,1	
04/12/2019 10:30	05/12/2019 00:30			3,2	3,3
17/12/2019 01:00	17/12/2019 01:30	3,4	3,6	3,4	2,9
19/12/2019 23:00	20/12/2019 15:00	4,6	4,4	3,1	
20/01/2020 10:30	23/01/2020 09:30	3,1	3,5	4,9	5,9
29/02/2020 08:00	29/02/2020 08:30	3,2	3,0		
02/03/2020 08:30	02/03/2020 15:00	3,3			
21/04/2020 07:00	22/04/2020 15:00				3,0
10/05/2020 14:00	10/05/2020 14:30	3,1			
12/06/2020 00:00	12/06/2020 23:00	3,2	2,9		
21/10/2020 00:00	22/10/2020 15:00	3,0	3,2	3,2	
07/11/2020 10:30	08/11/2020 08:00				
27/11/2020 09:00	29/11/2020 10:00			3,5	3,7
20/01/2021 12:00	21/01/2021 06:00	3,0	3,0		
06/02/2021 00:00	07/02/2021 00:00	3,6	3,9		
21/02/2021 12:00	23/02/2021 12:00	3,8	4,4	4,6	4,5
09/05/2021 12:00	10/05/2021 12:00		3,2		
02/10/2021 23:00	03/10/2021 18:00		3,1	3,1	
28/10/2021 16:30	01/11/2021 08:00	3,1	3,3		
10/11/2021 05:00	11/11/2021 19:30				3,0
23/11/2021 12:00	25/11/2021 23:00				
13/02/2022 06:30	14/02/2022 08:30		3,1		
11/03/2022 07:00	16/03/2022 12:00	4,0	5,3	4,9	4,8
20/03/2022 10:00	21/03/2022 22:00	3,0	3,6	3,2	3,0
06/02/2023 10:00	09/02/2023 18:00			5,30	5,60

Illustration 7 – Classement des tempêtes selon leur niveau et leur localisation aux bouées côtières (hauteur significative de la houle au pic de la tempête) depuis 2009. Données candhis.

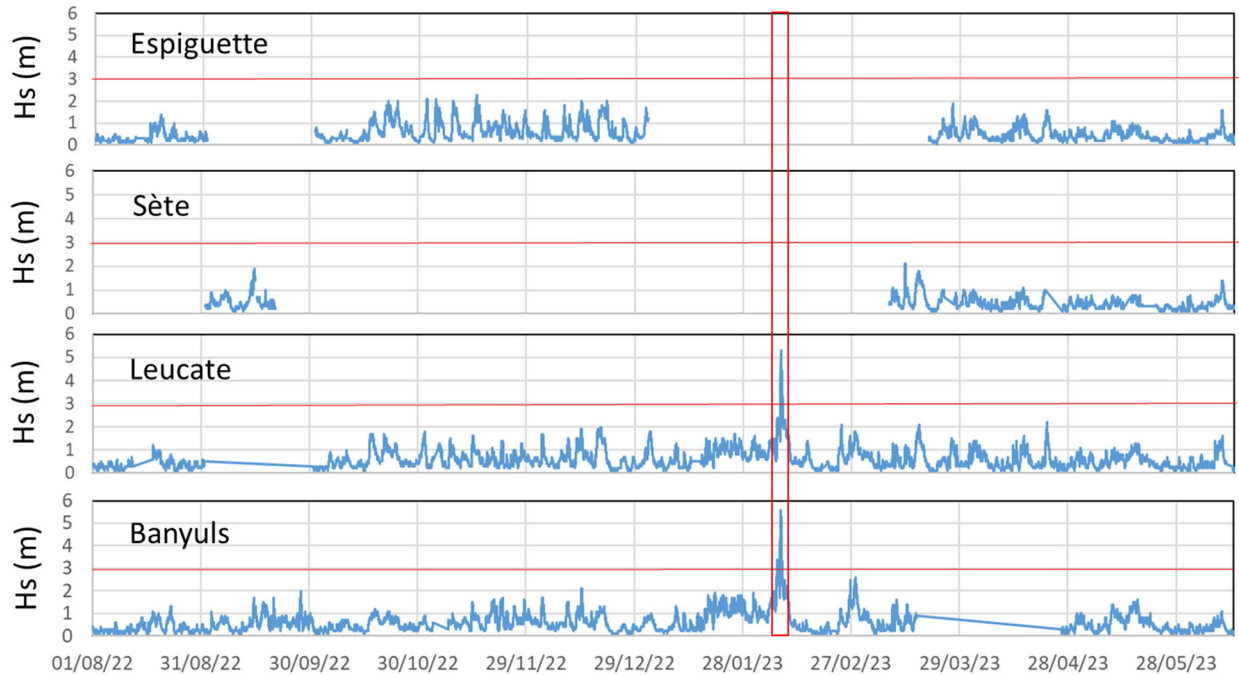


Illustration 8 – Hauteur significative des vagues aux bouées DREAL-Candhis pendant l'hiver 2022-2023, source Candhis. La zone encadrée en rouge correspond à l'unique tempête de l'hiver, de niveau 3. Source CANDHIS.

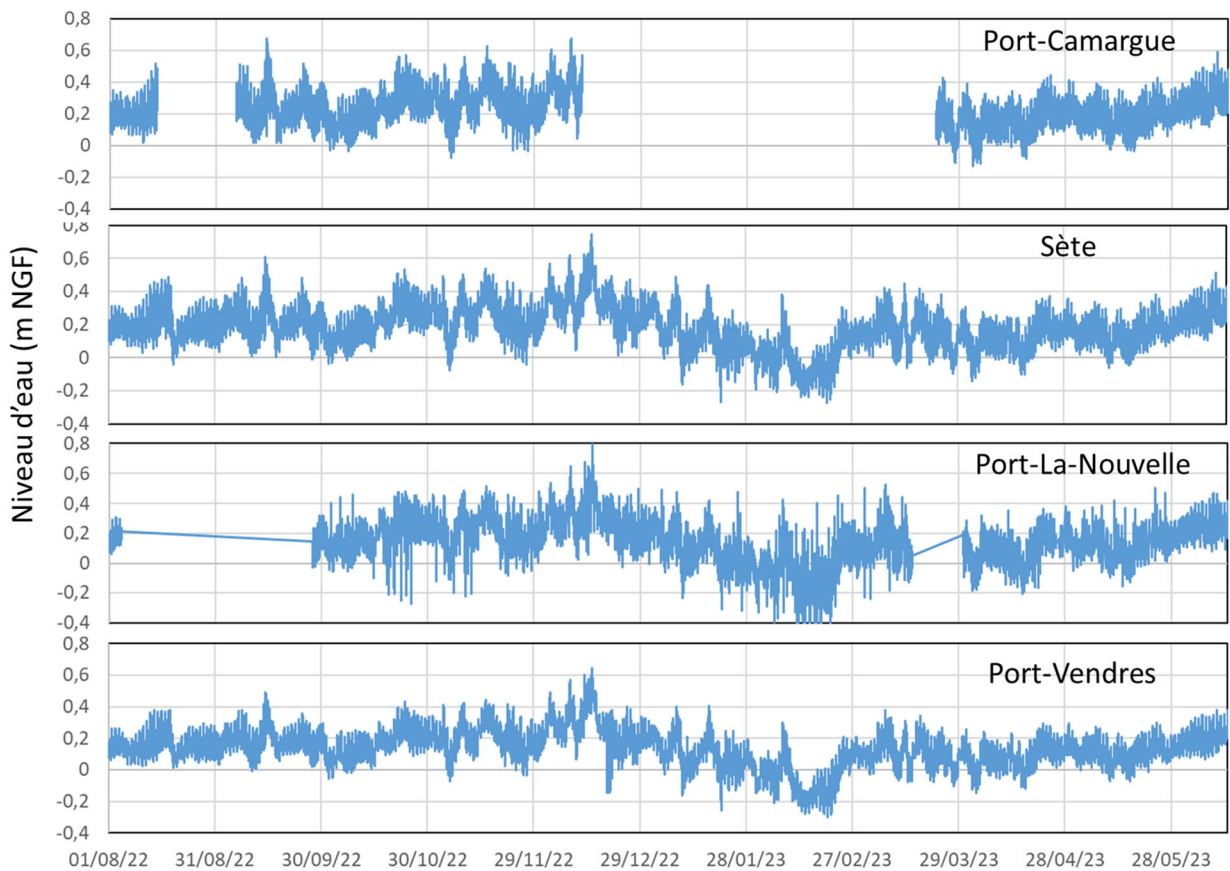


Illustration 9 – Niveau d'eau atteint aux différents marégraphes de la région Occitanie pendant l'hiver 2022-2023, source Data-SHOM.

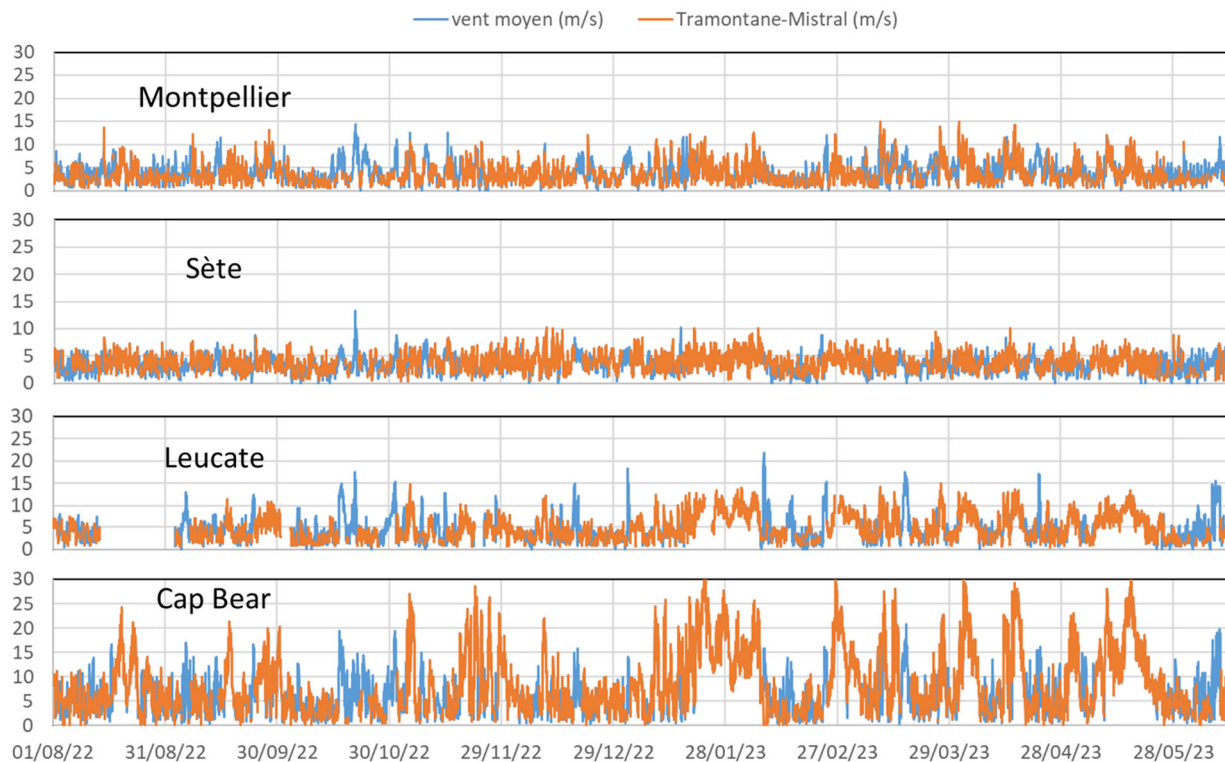


Illustration 10 – Vitesse du vent moyen enregistré aux stations Synop (Meteo-France) lors de la saison hivernale 2022-2023.

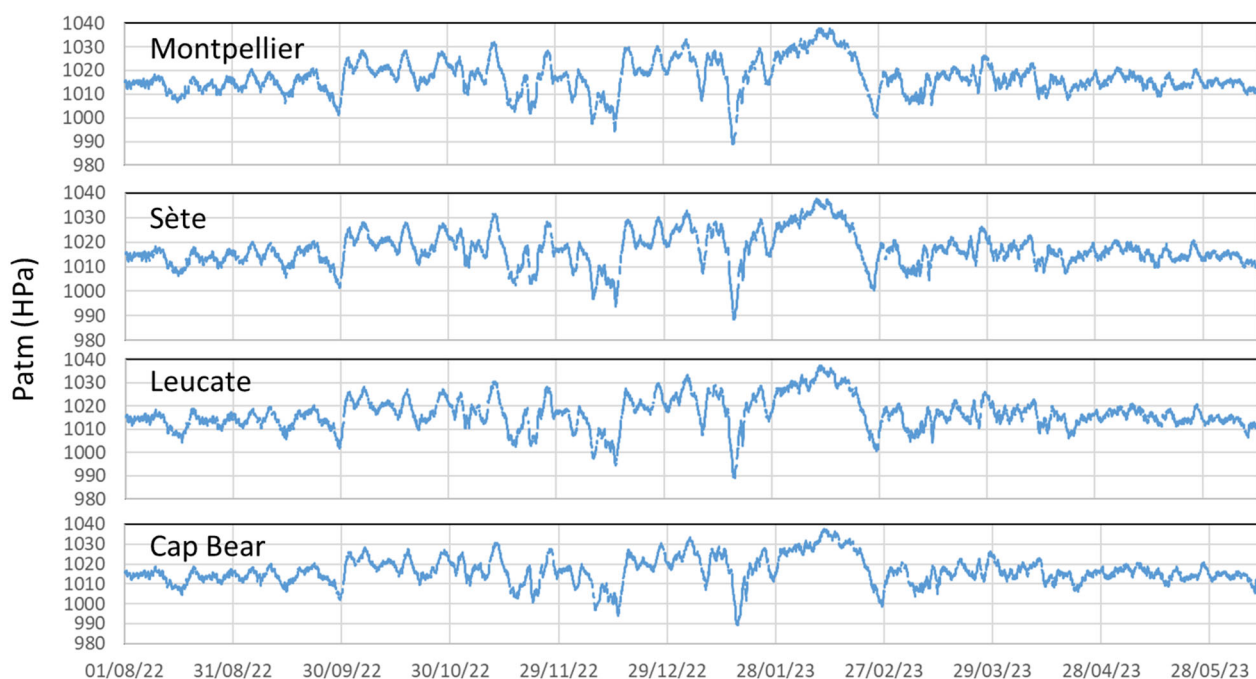


Illustration 11 – Pression atmosphérique enregistrée aux station Synop (Météo-France) lors de la saison hivernale 2022-2023.

3.2. RETOUR D'EXPERIENCE SUR LE FONCTIONNEMENT DU RESEAU

Lors de la saison hivernale 2022-2023, les bulletins de mobilisations ont été correctement émis et aucun problème de réception n'a été signalé par les membres du réseau. Seul un événement, prévu le 3 décembre 2022, a fait l'objet d'une révision et suppression car les modèles prévoyaient une hauteur de vagues légèrement supérieure à 3 m et celle-ci s'est avérée inférieure, en dessous du seuil de tempête.

Le seul événement qui a fait l'objet d'observation sur le terrain est la tempête du 7 février 2023. Il s'agit donc de la seule fiche tempête disponible sur le site du réseau pour la période hivernale 2022-2023. Un total de 149 observations a été capitalisé sur la BD-Tempêtes (cf. illustration 12).

La majorité des observations concerne le littoral des Pyrénées –Orientales et de l'Aude, plus touché par cet événement d'Est, le plus grand nombre d'observations concernant la côte sableuse du Roussillon.

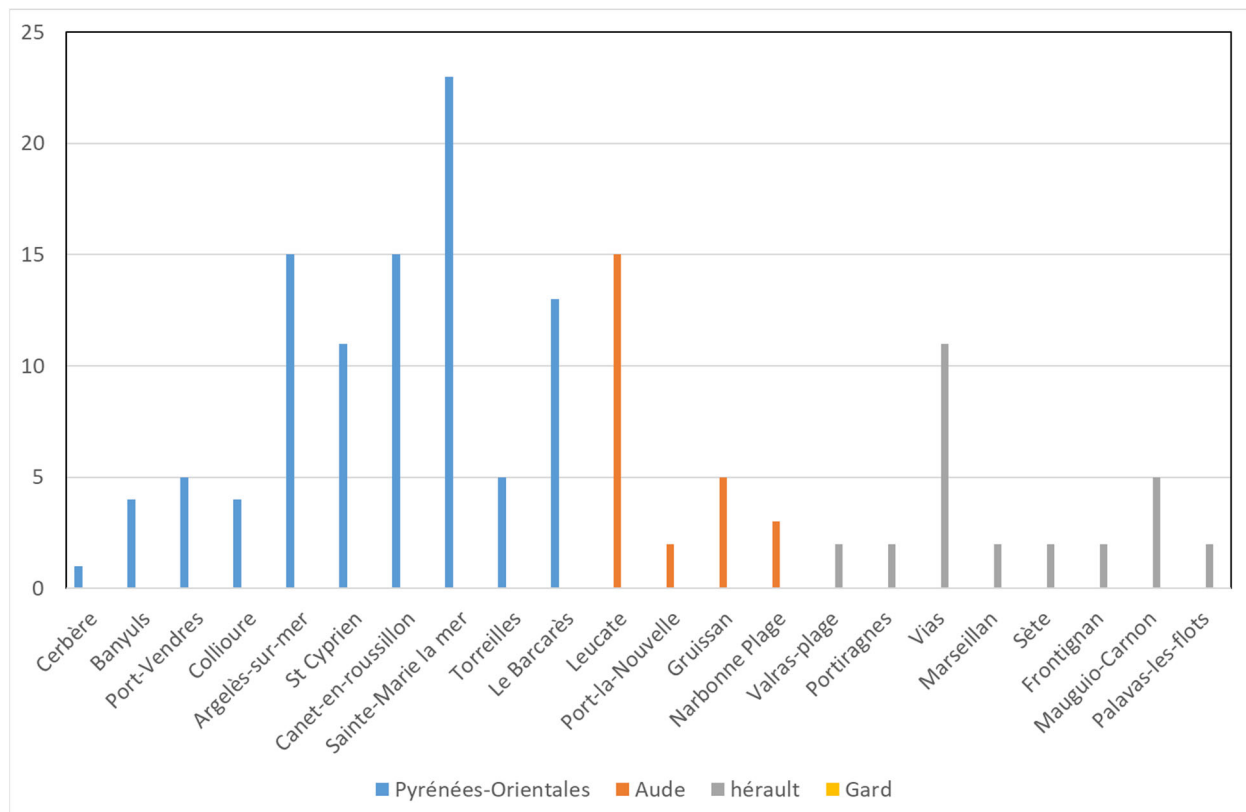


Illustration 12 - Nombre de fiches de photos capitalisées sur la BD-Tempête pendant la tempête du 7 février 2023 par départements et par communes.

3.2.1. Visite pré-hivernale de septembre 2022

L'état des lieux pré-hivernal vise à caractériser l'état du littoral avant les premières tempêtes et juste après le démontage des concessions de plage. Si la plage et sa largeur ont été remodelées pendant l'été, cet état permet tout de même de caractériser l'état des cordons dunaires et haut de plage, peu concernés par ces actions et qui sont les lieux des impacts majeurs observés lors des tempêtes. L'objectif principal de cet état est de bien pouvoir attribuer des impacts hivernaux

aux événements de l'hiver pour éviter d'attribuer aux futures tempêtes des états dégradés du littoral préexistant. Cet état des lieux est initialement prévu sous forme de visites de terrain BRGM/DDTM. Cette année, le réseau a bénéficié du vol de la DREAL qui donne une vision très exhaustive de l'état du littoral régional.

Ces photographies ont été en partie chargées sur le site du réseau sur la page <http://fichetempete.brgm.fr/pages/tempete.jsf?tid=20081236> de manière à rendre accessible à tous cet état du littoral avant l'hiver.

3.2.2. Bulletin post-tempête “à chaud”

Le bulletin à chaud à 24h est un bulletin rapide synthétique permettant de décrire l'événement survenu afin de pouvoir évaluer son importance. Il est envoyé par mail automatique à tous les membres du réseau.

Le bulletin présente les caractéristiques de l'événement (cf. illustration 13) : 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 Occitanie a fait l'objet d'une vigilance Vagues Submersion par Météo-France.

24h après l'événement, la plupart des observations de terrain n'ont pas encore été transmises et il est donc difficile de faire un bilan précis des impacts de la tempête. Pour pallier à ce manque d'informations et avoir un aperçu visuel de l'état du littoral pendant l'événement, les images des caméras situées dans le secteur le plus touché sont insérées dans le bulletin « à chaud ».

En effet, dès lors qu'une tempête est annoncée, les données météo-marines et les images prises par les caméras scientifiques et publiques¹ les plus proches du secteur potentiellement impacté sont recueillies et traitées automatiquement et sont donc utilisées pour ce bulletin à chaud, et capitalisées dans la BD-Tempête.

Ce bulletin a été envoyé pendant l'hiver 2022-2023 pour la tempête du 7 février (cf. illustration 13).

¹ La capture d'images en provenance des caméras publiques fait l'objet d'un accord entre le BRGM et le principal opérateur Viewsurf.

Réseau de suivi des tempêtes et sur le littoral d'Occitanie

Bulletin simple post-tempête

du 05/02/2023 16:30 au 09/02/2023 16:30

émis le : 10/02/2023 à 09:33

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 d'Occitanie. Le Littoral de la région Occitanie est exposé à la tempête 05022023, depuis le 05-02-2023 15:30.

La tempête de 89.0°N, a atteint son pic à 13:00 hr (UTC), le 07-02-2023.

Les hauteurs de vagues au large ont atteint 5.6 m et 5.3 m (H1/3), aux houlographes de Banyuls et Leucate.

Les niveaux d'eau maximum enregistrés (SHOM, données temps réel) sont de l'ordre de 0.39 m NGF au marégraphe de Port-la-Nouvelle (soit environ 0.82 m cote marine).

Les vents moyens, de 330.0°N, ont atteint des valeurs maximales de l'ordre de 86.0 km/h, le 05-02-2023 17:00 à la station de Cap Bear.

Cet événement a atteint le seuil 3 du protocole (Hs comprise entre 5 et 10 m) et constitue une tempête sévère.

Les pluies ont par ailleurs atteint 3.6 millimètres en une heure, le 07-02-2023 09:00(hr), à la station de Leucate.

L'événement n'a pas fait l'objet d'une mise en vigilance vagues-submersion par Météo France.

Impacts de la tempête

A ce jour, les observations par le Réseau Tempêtes sont en phase de collecte.

Canet natura 07/02/2023, 13:25



Banyuls 07/02/2023, 13:12



Port-vendres 07/02/2023, 12:37



Argeles nord 07/02/2023, 11:20



Exemples d'images des caméras littorales dans les secteurs les plus concernés (tempête du 05-02-2023 15:30).

Illustration 13 – bulletin automatique post-tempête « à chaud » produit 24h après l'événement du 7 février 2023.

3.2.3. Bulletin post-tempête complet

Le bulletin automatique complet à 5 jours a pour objectif de réaliser un bilan beaucoup plus exhaustif sur l'événement et son impact sur le littoral.

A 5 jours, on estime que la quasi-totalité des observations terrain ont pu être remontées, par l'interface i-infoterre, par le site de saisie en ligne ou directement par mail.

Le bulletin complet utilise donc l'ensemble des mesures et observations pour dresser un bilan complet de l'événement. Ce bilan comporte (cf. Illustration 14) :

- Une page de synthèse de l'événement qui reprend le bulletin à chaud émis à 24h et le complète/corrige si besoin ;
- Les caractéristiques physiques de l'événement (houle, vent, niveau d'eau et pression atmosphérique) pour 4 secteurs du littoral (Golfe d'Aigues-mortes, Ouest Hérault, Aude, Roussillon). Une évaluation de la période de retour (sur les hauteurs de vagues) est fournie, utilisant les dernières fiches synthétiques d'état de mer du CEREMA mises à jour le 25 mars 2022. Enfin, l'historique des événements de la saison est donné par commune pour avoir dans le bilan une information de contexte (par exemple 1^{ère} tempête de la saison, dernière tempête d'un groupe de 3, ...). Cette partie physique est produite à l'aide des données des réseaux de mesures nationaux :
 - o Candhis pour la houle aux 4 houlographes de la région (Espiguette, Sète, Leucate et Banyuls) ;
 - o Data-shom pour les niveaux d'eau aux marégraphes (Port-Camargue, Sète, Port-la-Nouvelle et Port-Vendres) ;
 - o Synop pour les données de vent et pression avec les stations de mesures de Montpellier, Sète, Leucate et Cap Béar.
- Les cartographies automatiques de synthèse des impacts qui comprennent :
 - o Une carte « impact érosif » qui recense les observations d'érosion et affiche l'intensité du phénomène en terme de recul du trait de côte (inférieur à 3 m, entre 3 et 5 m, supérieur à 5 m) ;
 - o Une carte « impact submersion » qui recense les points de submersion observés sans toutefois prendre en compte le niveau d'importance de cette submersion. Seul le critère « rupture » est affiché en plus quand la submersion résulte d'une brèche dans les cordons littoraux ;
 - o Une carte dégâts avec une distinction entre les dégâts modérés (accès plages, endommagement des clôtures/barrières) et des impacts plus forts sur les bâtiments, ouvrages de défense, et infrastructures.
- L'ensemble des fiches d'observation terrain disponibles qui contiennent la localisation de l'observation, les commentaires de l'observateur et les photographies prises.

Pour cette saison hivernale, le bulletin complet a été émis à l'occasion de la tempête du 7 février.

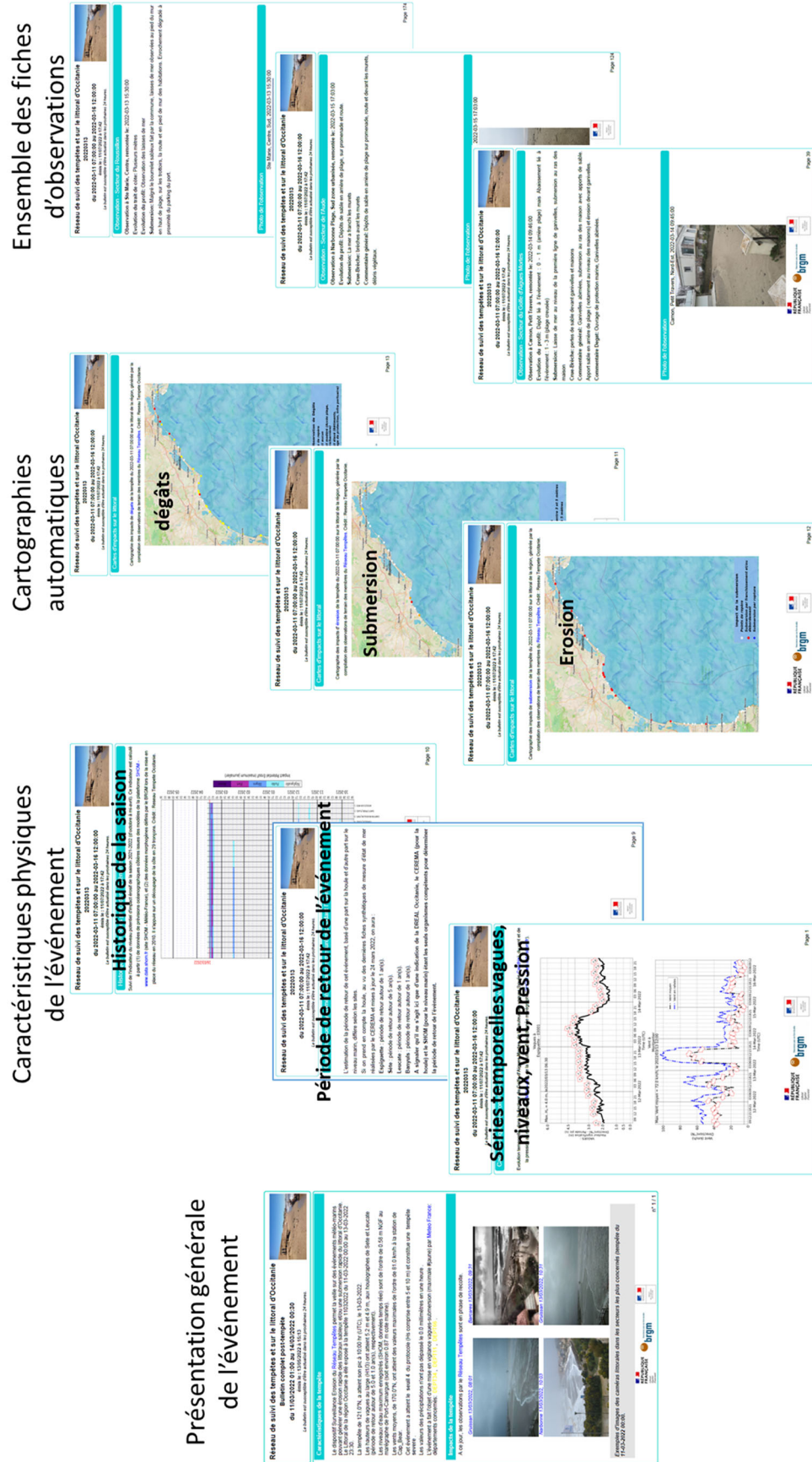


Illustration 14 – Contenu du bulletin automatique post-tempête complet.

4. Tempête du 6 au 9 Février 2023

La tempête du 6 au 9 février 2023, le seul événement majeur de l'hiver 2022-2023, a atteint le seuil 3 ($H_s > 5$ m) mobilisant les agents pour les observations de terrain.

Cet événement a déclenché la réalisation automatique du bulletin post-tempête complet qui est présenté en annexe 1.

La tempête de 89°N, a atteint son pic le 7/02/2023. Les hauteurs de vagues au large ont atteint 5,6 m et 5,3 m ($H_{1/3}$), aux houlographes de Banyuls et Leucate (cf. illustration 15). Leur direction de provenance est Est (cf. illustration 16). Les niveaux d'eau maximum enregistrés sont de l'ordre de 0,39 m NGF au marégraphe de Port-La Nouvelle (cf. illustration 15). Les vents de 110°N ont atteint des valeurs maximales de l'ordre de 80 km/h à la station de Leucate (104 km/h en rafales). Les pluies ont par ailleurs atteint 5,2 millimètres en une heure, le 07-02-2023 11h00, à la station de Sète.

Bien que significatif en terme de hauteur de vagues périodes de retour des vagues entre 3 et 5 ans pour Leucate et entre 5 et 7 ans pour Banyuls), cet événement, associé à de faibles niveaux d'eau et à une direction Est a généré assez peu d'impacts. En effet, le littoral concerné se limitait à la côte des Pyrénées-Orientales et de l'Aude, les vagues étant fortement atténuées sur le littoral de l'Hérault et du Gard. Par ailleurs, les faibles niveaux observés ont fortement limité la submersion marine. A noter que lors de cet événement, les houlographes de Sète et de l'Espiguette étaient hors service, de même que le marégraphe de Port-Camargue. Les données ne sont donc pas disponibles dans la partie nord du Golfe du Lion.

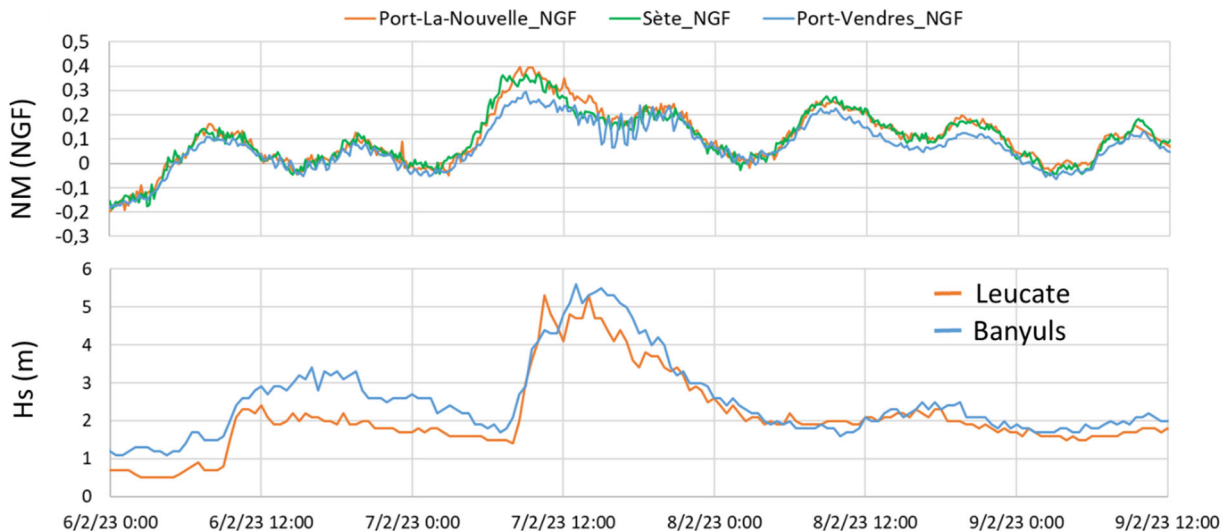


Illustration 15 – Niveaux d'eau enregistrés aux marégraphes d'Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023 (en haut : niveaux en m NGF ; en bas : Hauteur significative de la houle (m). Données Data-Shom et Candhis en temps Universel (TU).

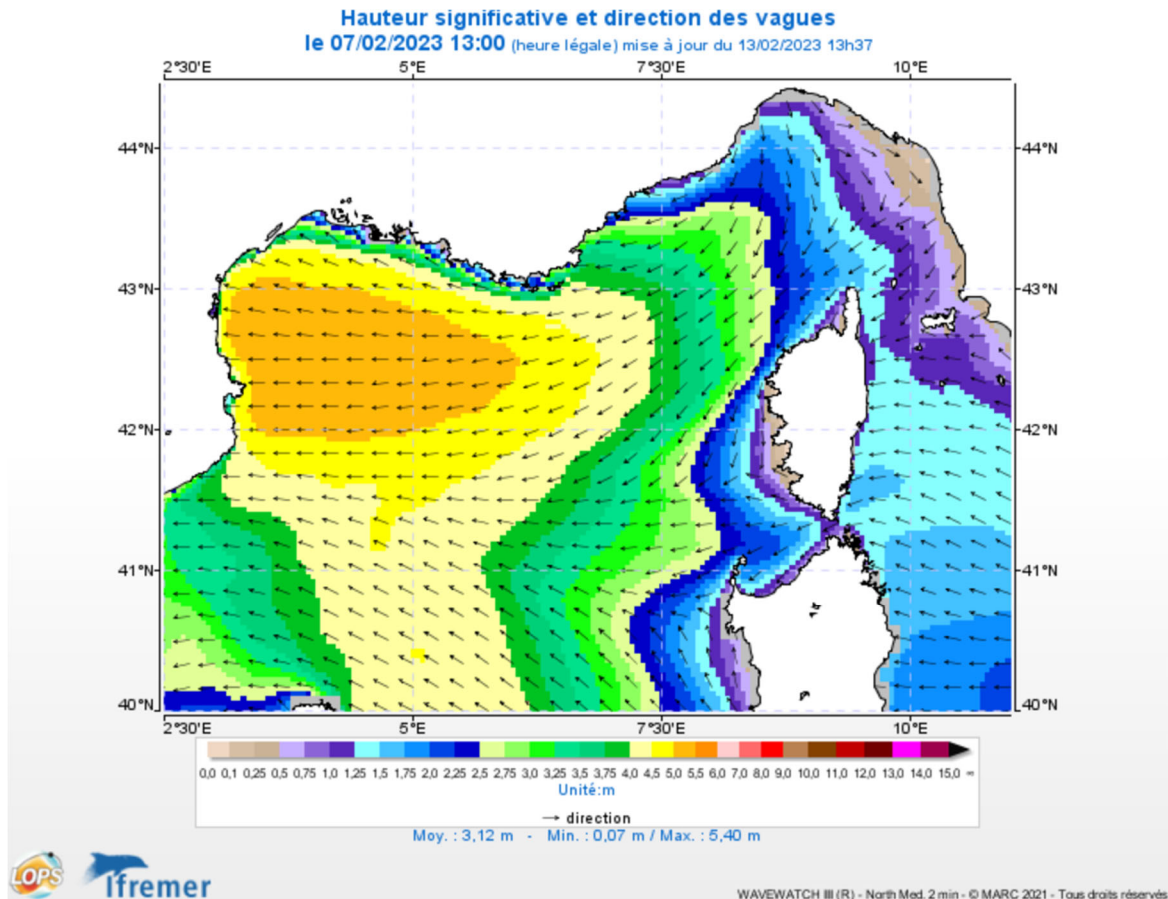


Illustration 16 – prévision du modèle MARC (<https://marc.ifremer.fr/>) illustrant l'intensité et la direction des vagues lors de la tempête du 7 février 2023.

L'événement a fait l'objet d'une mise en vigilance jaune vagues-submersion par Météo France dans le département des Pyrénées Orientales.

De manière générale, les observations recueillies par le réseau lors de cet événement (environ 150 observations remontées) mettent en évidence des impacts modérés avec une submersion faible et localisée, une érosion localisée et des dégâts qui restent de très faible ampleur :

- En terme d'érosion (cf. illustration 17) : Le littoral du Roussillon est caractérisé par des érosions modérées sur les communes de Torrelles, Sainte-Marie, Canet, Saint-Cyprien et sur les plages de poches de la côte vermeille. Elles peuvent être localement plus importantes comme c'est le cas au Nord du port de Canet-en-Roussillon et proche de l'embouchure de la Têt. Des érosions sont constatées dans d'autres secteurs (notamment Vias) mais sur des sites déjà fragilisés avant l'événement. Sur les sites les plus impactés, les reculs du trait de côte sont de l'ordre du mètre à quelques mètres ;
- En terme de submersion (cf. Illustration 18) : les submersions les plus importantes avec des vagues franchissantes et une inondation de l'arrière-dune ont été observées à Sainte-Marie, Canet-en-Roussillon, Argelès-sur-Mer. Ces plages ont été recouvertes et des traces de circulation à l'arrière du cordon dunaire ont été constatées. Ces franchissements restent toutefois modérés ;
- En terme de dégâts (cf. Illustration 19) : les observations montrent que les dégâts constatés sont peu nombreux et se limitent à des impacts très modérés sur des ganivelles (Sainte-Marie) ou sur des ouvrages temporaires (Wave-bumper de Saint-Cyprien).

Le bilan complet des observations est visible dans le bulletin complet en annexe 1.

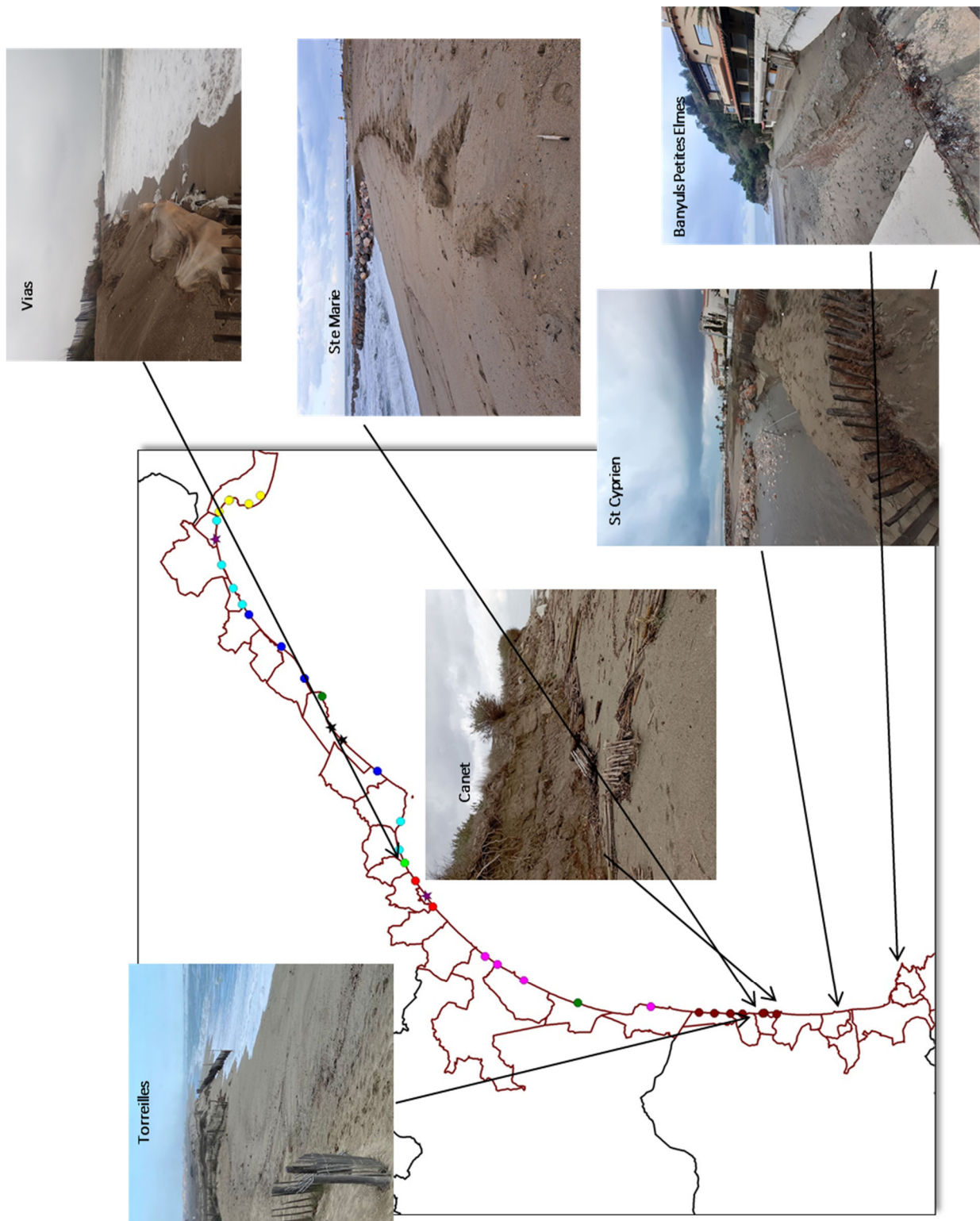


Illustration 17 – Exemples d’observations d’érosions sur le littoral d’Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023.

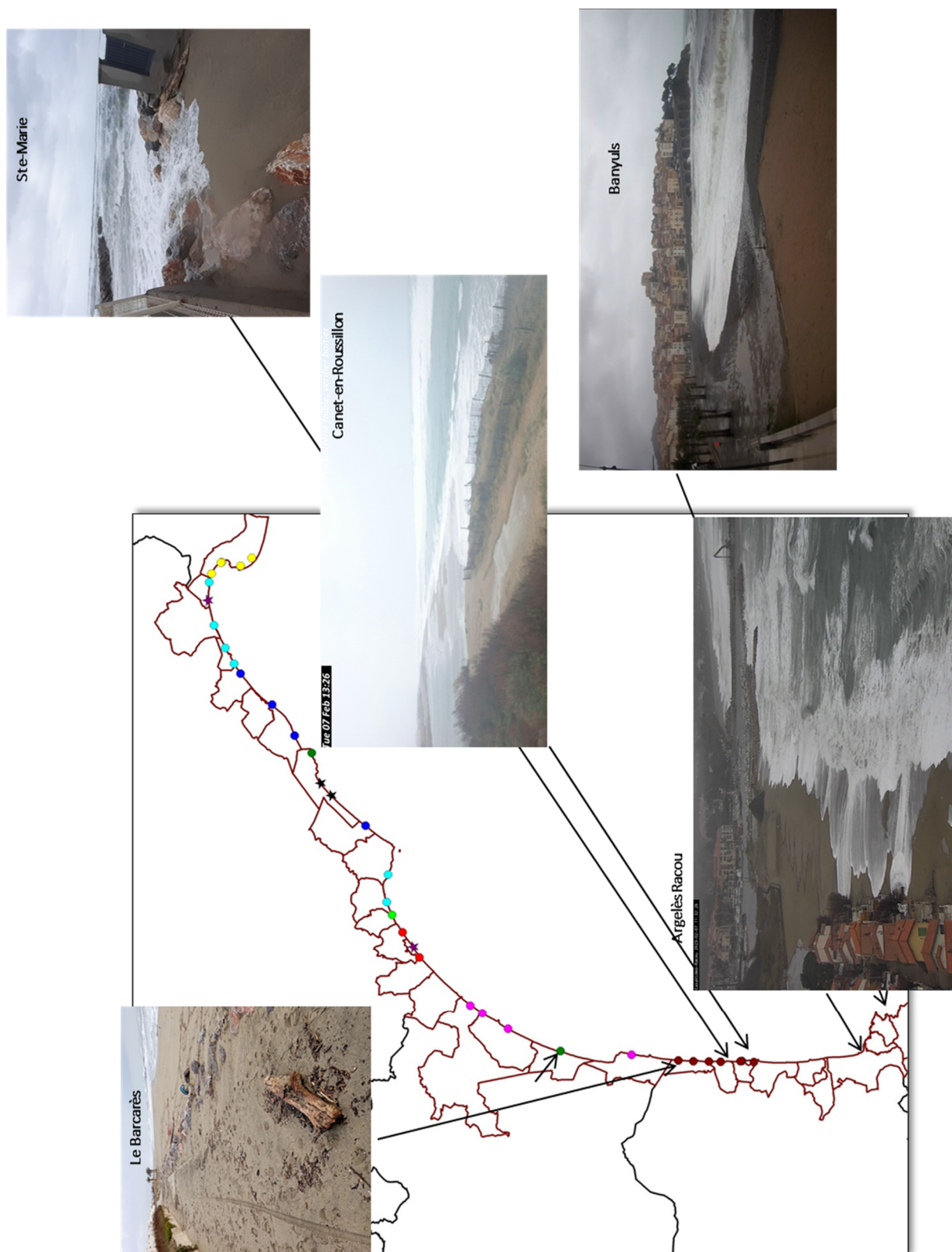


Illustration 18 - Exemples d'observations de submersion marine sur le littoral d'Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023.

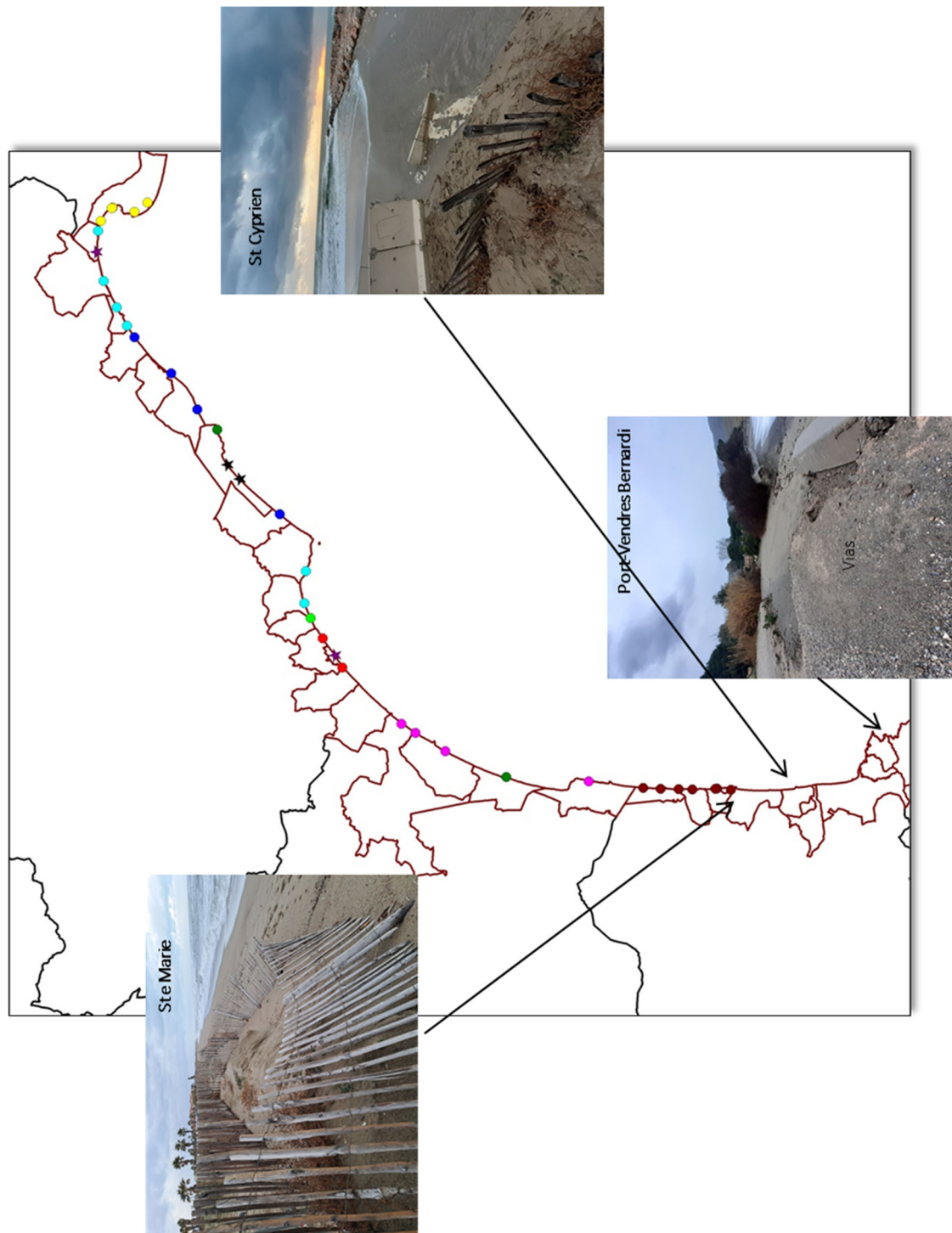


Illustration 19 - Exemples d'observations de dégâts sur le littoral d'Occitanie lors de la tempête du 7 février 2023.

5. Conclusion

Le réseau tempête est opérationnel depuis 2011. Les outils mis à disposition, qu'il s'agisse du protocole de remontée d'observations ou des modèles de prévision utilisés ont évolué au cours du temps.

Lors de l'année 2022-2023, les bulletins mis en place et améliorés ces dernières années ont été produits de manière opérationnelle et automatique, en particulier la mise en production d'un bulletin automatique post-tempête complet à 5 jours donnant le bilan complet de l'événement, de ses caractéristiques physiques, des cartes de synthèse des impacts recensés à l'ensemble des fiches d'observations de terrain. Ce bulletin à 5 jours complète le bulletin « à chaud » émis à 24 h qui permet lui une synthèse rapide sur l'ampleur de l'événement et une visualisation rapide du littoral au pic de la tempête grâce aux images des caméras publiques.

Pendant l'hiver 2022-2023, le réseau n'a été activé qu'une fois. Seule une tempête a dépassé le niveau 3 qui demande la mobilisation des observateurs sur le terrain. Il s'agit de la tempête du 7 février 2023. De manière générale, les observations recueillies par le réseau lors de cet événement (environ 150 observations remontées) mettent en évidence des impacts modérés avec une submersion faible et localisée, une érosion localisée et des dégâts qui restent de faible ampleur.

La forte mobilisation pendant cet événement a permis de produire un bulletin post-tempête complet automatique qui présente de manière exhaustive toutes les informations recueillies sur cette tempête 5 jours après son pic.

Cet événement isolé dans une saison hivernale très calme a atteint le stade de tempête sévère, même si le niveau d'eau maximal atteint très faible a limité fortement les impacts en terme d'érosion et de submersion. Il sera en conséquence ajouté au visualisateur d'analogues en ligne, qui se base sur les événements les plus importants observés depuis la mise en place du réseau en 2011. Il permet, pour un événement annoncé, de visualiser rapidement les impacts observés pour une tempête passée récente de même niveau. Cet outil prend en compte différentes caractéristiques des tempêtes : leur direction de provenance, la hauteur de vague et le niveau d'eau à la côte. Cette base d'analogues est disponible sur le site <http://littoral-occitanie.fr/Impacts-des-tempetes-passees-Analogues>.

Ces outils de mobilisation et de synthèse post-tempête sont désormais opérationnels, même s'ils pourront bien sûr faire l'objet de modification et d'amélioration en fonction du retour des utilisateurs du réseau et de leur besoin en terme de synthèse d'impact ou d'anticipation de l'effet d'un événement annoncé.

6. Bibliographie

BALOUIN Y. (2019) – Réseau Tempêtes Occitanie – 2018-2019. Rapport BRGM/RP-69355-FR ; 53 pp.

BALOUIN, Y., CHATAIN, E. et VALENTINI, N. (2022) – « Réseau Tempête » Occitanie 2021-2022. Rapport final V1. BRGM/RP-72099-FR, 54 p.+ Annexe.

BALOUIN Y. ; DE LA TORRE Y. et MOREL O. (2013) – « Réseau Tempête » Languedoc-Roussillon : activité 2012-2013 et développement des outils en ligne. Rapport BRGM/RP-62731-FR ; 30 p., 22 ill.

BALOUIN Y. ; DE LA TORRE Y. et TIRARD E. (2011) – Les tempêtes marines sur le littoral du Languedoc-Roussillon – Caractérisation et faisabilité d'un réseau de surveillance des tempêtes et de leurs impacts. Rapport BRGM/RP-59516-FR ; 75 pp., 32 ill., 3 ann.

BALOUIN, Y. et VALENTINI, N. (2020) – « Réseau Tempête » Occitanie 2019-2020. Rapport final. BRGM/RP-70362-FR, 84 p.

BALOUIN, Y. et VALENTINI, N. (2021) – « Réseau Tempête » Occitanie 2020-2021. Rapport final. BRGM/RP-71227-FR, 55 p + annexe.

DE LA TORRE Y. ; BALOUIN Y. (2012) – Mise en œuvre opérationnel du « Réseau Tempête » sur le littoral du Languedoc-Roussillon. Rapport BRGM/RP-60694-FR ; 97 p., 15 ill., 5 ann.

SALLENGER A.H. (2000) - Storm impact scale for barrier islands. Journal of Coastal Research, 16 (3), pp 890-895.

Annexe 1 Bulletin post-tempête complet émis suite à la tempête du 7 février 2023



**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 Occitanie

1039, rue de Pinville
34000 Montpellier
Tél. : 04 67 15 79 80

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm