

# Récapitulatif des événements météo-marins de forte houle sur le littoral de l'Hérault de l'été 2000 à l'été 2020



## EID Méditerranée Pôle Littoral

165 avenue Paul Rimbaud  
34 184 Montpellier Cedex 4  
[www.eid-med.org](http://www.eid-med.org)

Rapport de septembre 2020

### CONTACTS

Mathieu GERVAIS  
[mgervais@eid-med.org](mailto:mgervais@eid-med.org)  
04.30.63.67.80

Hugues HEURTEFEUX  
[hheurtefeux@eid-med.org](mailto:hheurtefeux@eid-med.org)  
04.67.63.72.99



# Table des matières

---

Préambule .....	3
Localisation des stations de mesures (houle, marée, vent) existantes dans le Golfe du Lion .....	4
Résultats .....	5
1.1. Vision générale de l'énergie des vagues par hiver depuis l'été 2000 (jusqu'à mai 2000) .....	6
1.2. Extraction des tempêtes.....	7
1.3. Tempêtes majeures depuis 1979 dans l'Hérault.....	7
1.4. Bilan des derniers hivers .....	10
1.5. Analyse de la dérive sédimentaire depuis 2007.....	10
Bilan et perspective .....	12

# Préambule

---

L'intérêt de ce référencement, déjà débuté il y a quatre ans, est la création d'une base de données météo-marines concernant les épisodes de tempêtes majeurs qui ont touché la moitié nord sableuse du Golfe du Lion. Nous nous intéressons ici en priorité au littoral de l'Hérault et du Gard, et plus précisément à toute la bande côtière entre l'embouchure de l'Aude et les Saintes-Maries-de-la-Mer.

Le facteur qui crée indéniablement de forts **dégâts** sur la côte, ainsi que de l'érosion, est le passage sur la côte de **fortes houles marines**, à savoir des vagues de forte hauteur et de grande vitesse au large qui vont déferler sur le littoral, créer de forts courants sur les plages immergées, et favoriser le franchissement du haut de plage, avec en conséquence des impacts dans la dune et sur le bâti. Connaître le régime de vagues lors d'une année permet de mieux comprendre la morphodynamique naturelle du littoral qui est à la fois pluri-annuelle, saisonnière et événementielle.

Pour les besoins de l'inventaire, plusieurs objectifs ont été fixés : tout d'abord la capitalisation et la mise en place d'une base de données fiable des états de mer et conditions météorologiques atmosphériques, une détermination des seuils significatifs de tempêtes et de coups de mer, l'extraction des événements majeurs avec la quantification de leur énergie, et enfin la réalisation d'un « atlas » de tempêtes en Languedoc-Roussillon.

# Localisation des stations de mesures (houle, marée, vent) existantes dans le Golfe du Lion

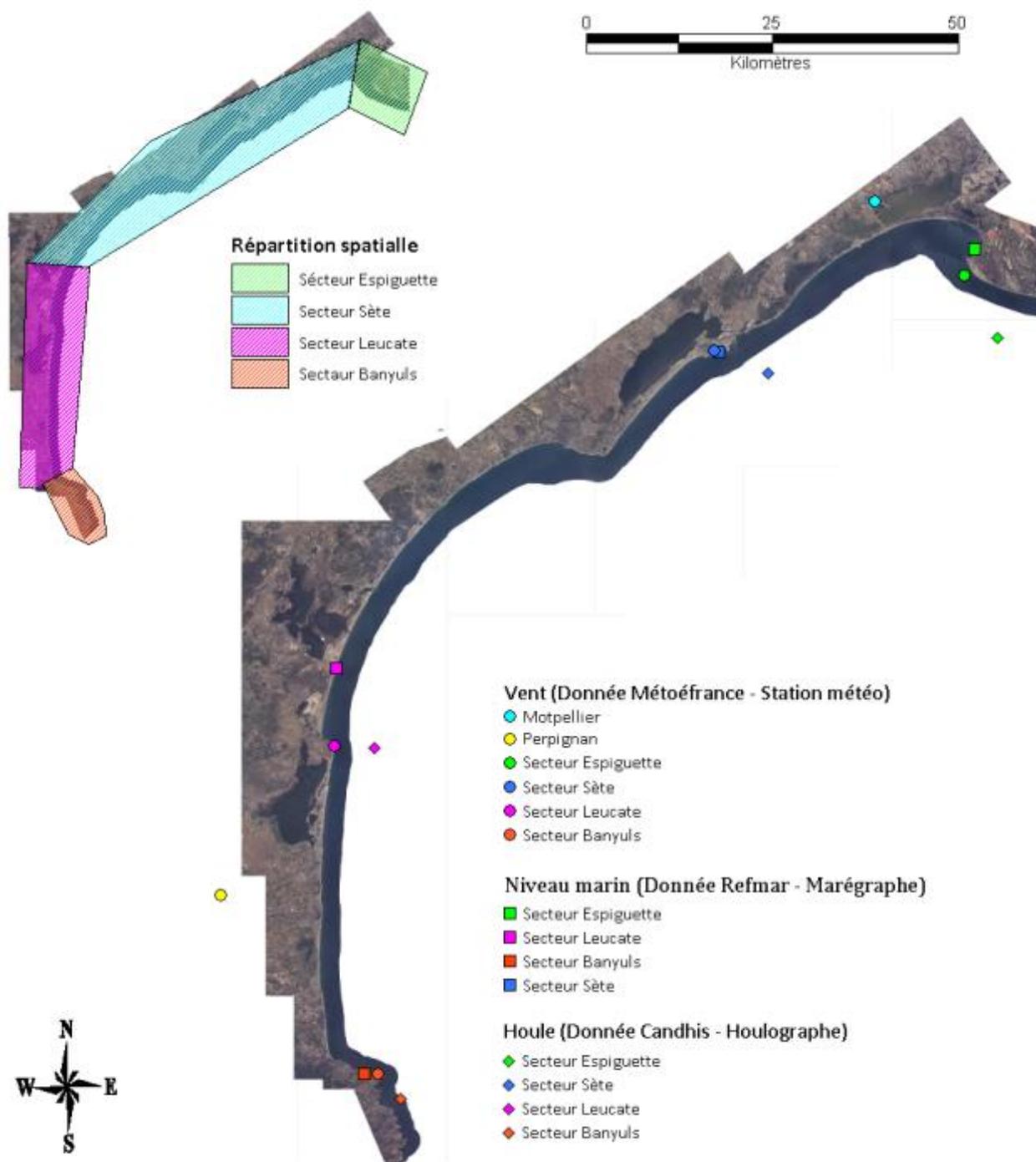


Figure 1 : stations de mesures météo-marines sur le littoral du golfe du Lion avec la position des 4 bouées de houle directionnelles en mer (cf. données : <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>)

# Résultats

---

Les rapports précédents (cf. rapport tempête EID, 2018) décrivent en détail la climatologie marine des houles dans le golfe du lion, et il convient de s'y référer. Les climats de houle et leur variabilité y sont décrits en remontant sur tous les évènements depuis 1979 d'après des projets de modélisations rétrospectives des vagues (simulation des houles du passé). Le rapport montre que la houle peut être occasionnellement très forte dans le Golfe du Lion, qu'il existe deux directions de tempêtes : tempêtes de sud et tempêtes d'est-sud-est, et qu'en général le secteur géographique de Gruissan à Sète est le plus exposé à la houle car il reçoit « de plein fouet » ces deux directions de tempêtes (du moins pour les façades marines faisant face au sud-est).

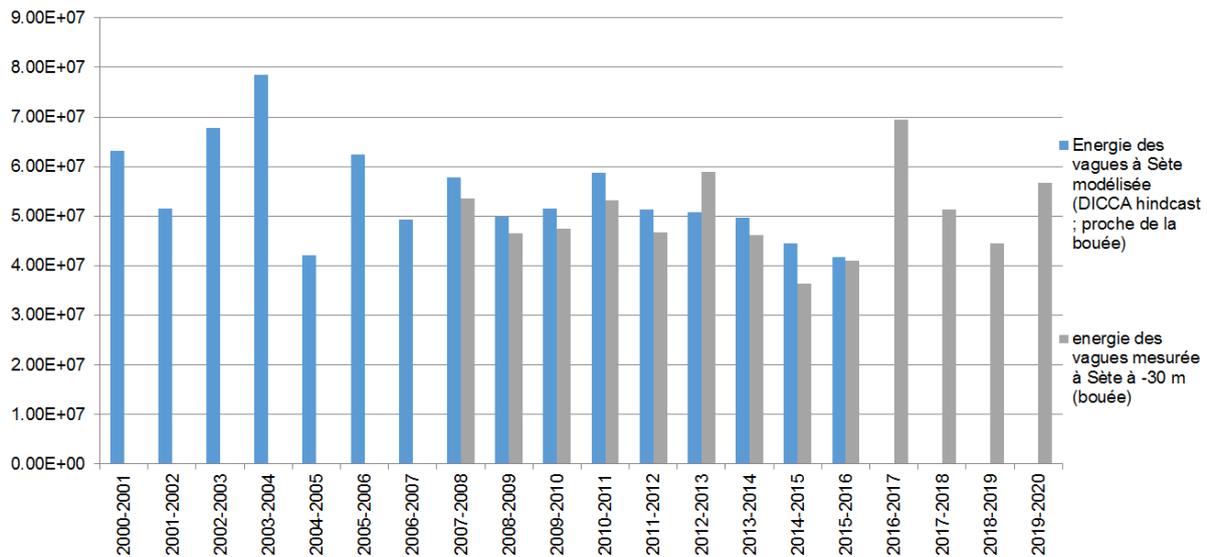
Les études académiques (ex. : Gervais, 2012) ont permis de définir des seuils de houle en rapport à leurs effets morphogènes sur la plage sur la zone, seuils applicables sur la zone exposée de la côte allant de Gruissan à Palavas. Ces seuils sont réutilisés ici pour classer les évènements, selon :

- un « coup de mer » comme un épisode de houle dont les vagues dépassent au paroxysme de l'évènement  $H_s = 3$  m aux houlographes (se produit ~5 fois par an)
- une tempête comme un épisode de houle dont les vagues dépassent  $H_s = 4,5$  m (un épisode qui se produit en moyenne une fois tous les 1-2 ans sur tout le littoral de la région)

Ces seuils seront légèrement inférieurs pour les mesures de la bouée de l'Espiguette qui se trouve géographiquement légèrement protégée par le delta de Camargue des coups de mer provenant de l'E-SE. Ainsi, les plages du Golfe d'Aigues-Mortes voient des houles légèrement inférieures pour ces fréquences d'occurrence ( $H_s = 2,8$  m se produit 5 fois par an à la bouée de l'Espiguette; et 4 m une fois tous les deux ans). Les plages du Golfe d'Aigues-Mortes et de Camargue sont en revanche bien exposées aux houles venant du secteur sud.

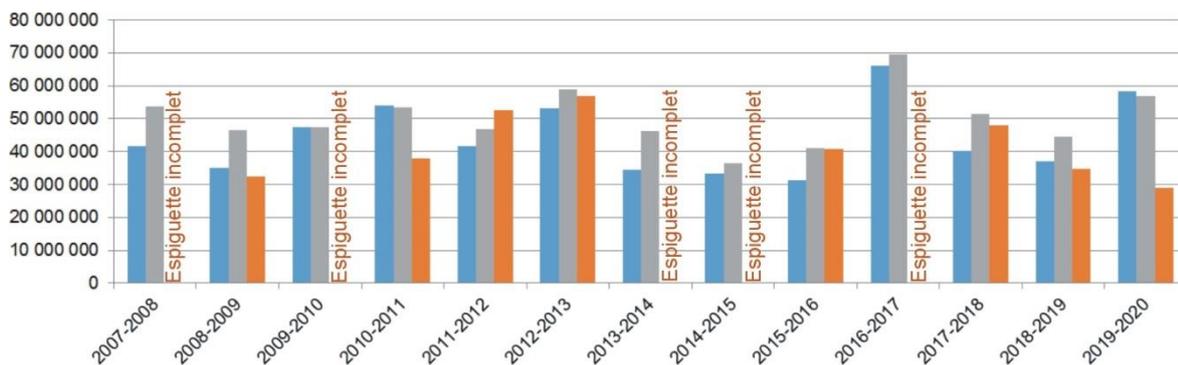
N.B. : les mesures de hauteur de houle dans ce rapport se réfèrent à la mesure proche de la côte par les bouées houlographiques, situées à environ 5-10 km du bord, sur des fonds d'environ -30 m (Figure 1). En général, les hauteurs de houle sont supérieures plus au large du Golfe du Lion lors des tempêtes (par exemple à 40 km des côtes), mais plus fortes ou moins fortes sur les plages au point de déferlement (selon des effets de propagation complexes à la côte selon l'énergie cinétique des ondes, la période...).

## 1.1. Vision générale de l'énergie des vagues par hiver depuis l'été 2000 (jusqu'à mai 2000)



**Figure 2 : bilan de l'énergie des vagues modélisée ou mesurée à Sète chaque saison « hivernale » allant du 01 septembre au 31 août, depuis le 01/09/2000 (énergie exprimée en KJ/m de crête de vague)**

La Figure 2 présente l'énergie cumulée chaque saison depuis l'été 2000 d'après un projet de modélisation rétrospective des vagues (projet *hindcast* du laboratoire DiCCA italien : données disponibles sur <http://www.dicca.unige.it/meteocean/hindcast.html>), ainsi que la même énergie issue des mesures de houle de la bouée de Sète qui reçoit l'essentiel des houles de tempête dans la région. Cette figure montre une bonne concordance entre le modèle et les mesures in-situ, et indique également que certains hivers comme les hivers 2003-2004 ou 2016-2017 ont été particulièrement riches en coups de mer et/ou tempêtes ce qui explique un fort cumul d'énergie.



**Figure 3 : énergie des houles marines cumulée par saison hivernale (septembre à septembre) pour les 3 stations de mesure de houle de la zone nord du Golfe du Lion (en gris Sète, en bleu Leucate, et en orange l'Espiguette quand la bouée a fonctionné toute la saison).**

La Figure 3 présente l'énergie cumulée chaque hiver depuis 2007 depuis le début des mesures disponibles par les 3 bouées houlographes proches de l'Hérault : à savoir celui de Leucate, de Sète, et celui de l'Espiguette. On remarque que pour l'essentiel, une année énergétique pour les plages de l'Hérault, l'est pour l'ensemble de la côte et de toutes ses plages (n.b. : sur la figure 3, les houles de tramontane rentrantes sur les plages de Camargue ne sont pas comptabilisées). Toutefois, selon l'orientation dominante des coups de mer au cours de la saison, il arrive que cela soit tantôt les

plages du sud de la zone (de Gruissan à Agde), ou tantôt les plages du nord de la zone (du Cap d'Agde à Carnon) qui se trouvent les plus affectées par les forçages marins (sur la Figure 3, cumul à Leucate ou à Sète plus important).

D'une manière générale, la houle est moins forte à la bouée de l'Espiguette, ce qui explique ces valeurs de cumuls saisonniers inférieurs en Figure 3. Néanmoins, certaines années, la houle touche principalement le nord du Golfe du Lion et la Camargue, comme en 2011-2012, ou à l'inverse, plus faiblement comme cette dernière saison 2019-2020.

Même si les grandes tempêtes majeures comme celles de novembre 1982 et décembre 1997 ont contribué fortement au bilan énergétique de toute la saison (contribution de près de 40-50 % en seulement quelques jours), ce ne sont pas systématiquement les hivers avec les plus grandes tempêtes de l'histoire qui se sont montrés au final les plus énergétiques en termes de cumul annuel. On voit dernièrement que la tempête de mars 2018, qui est la dernière en date d'ampleur décennale (Hs ~ 6 m au pic de houle), s'est trouvée relativement « isolée » sur un hiver en moyenne plutôt calme avec peu de coups de mer / tempêtes.

## 1.2. Extraction des tempêtes

L'analyse détaillée des données de la bouée de Sète a permis d'extraire 160 événements sur le secteur entre 1989 et septembre 2020. Ils sont au nombre de 26 tempêtes (Hs du pic > 4,5 m) et 143 coups de mer (Hs > 3 m).

En termes d'événements importants comptabilisés par période hivernale (Figure 4), depuis septembre 2006, les périodes hivernales 2009-2010, 2010-2011, 2016-2017, et enfin 2019-2020 se sont révélées les plus riches en coups de mer avec plus de 7 épisodes ordinaires, dont 1 épisode -ou 2 de tempêtes (Hs > 4,5 m) dans la saison.

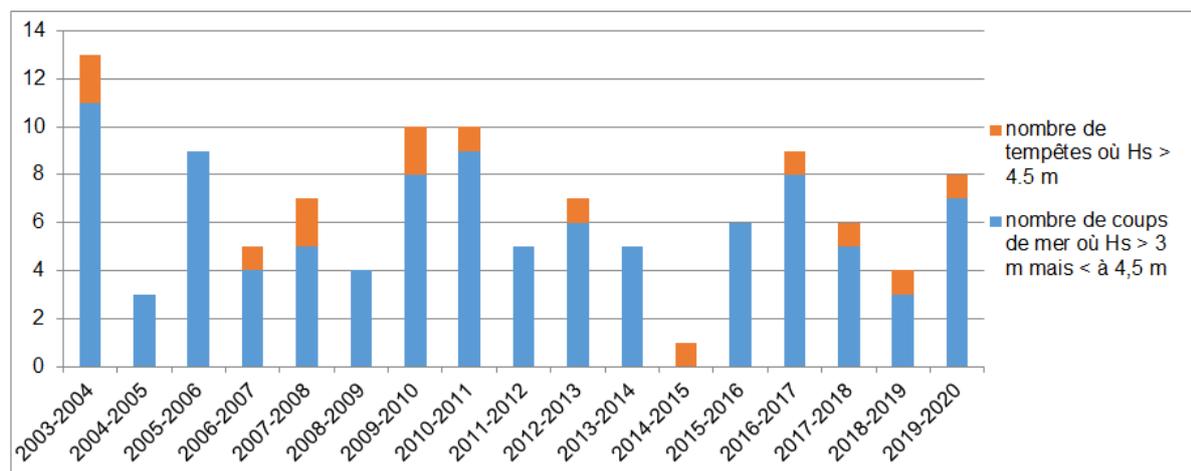


Figure 4 : Comptage des événements de forte houle mesurés par catégorie à Sète (houlographe à -30 m de fond) depuis l'hiver 2006-2007

## 1.3. Tempêtes majeures depuis 1979 dans l'Hérault

Tous les épisodes de la classe « coups de mer » ne sont pas ici répertoriés, pour cela on peut se reporter au rapport de 2016. Seuls les événements de classe « tempête » sont ici comptabilisés,

mais en prenant cette fois en compte les événements remontant à 1979 grâce au projet de modélisation rétrospective des vagues du DICCA.

43 épisodes de tempêtes ont été enregistrés (Tableau 1), à la fois grâce à des observations/modélisations sur le site de Sète et de Leucate. Les données sur Leucate sont ici reprises afin de considérer les coups de mer qui ont touché en priorité la partie sud du département de l'Hérault sur les plages à l'ouest du cap d'Agde (houles majoritairement d'E-SE).

- ➔ Les 4 tempêtes les plus importantes de ces 40 dernières années sont ici entourées d'un cadre épais.
- ➔ En orange sont présentés des coups de mer de direction sud à sud-est qui ont touché aussi le secteur du golfe d'Aigues-Mortes, généralement assez protégé, avec des mesures de forte houle à la bouée d'Espiguette (ou anciennement de Beauduc).

Du point de vue **des records**, un classement énergétique (cumul sur l'évènement) a été réalisé sur les événements les plus marquants :

1///	16/12/1997	: 49 406 506 KJ/m	(et 74h où Hs > 2 m)
2///	07/11/1982	: 31 073 193 KJ/m	(et 56h où Hs > 2 m)
3///	21/02/2004	: 29 012 320 KJ/m	(et 45h où Hs > 2 m)
4///	01/03/2018	: 11 569 546 KJ/m	(et 82h où Hs > 3 m)

La tempête de 1999 n'est pas incluse dans ce classement car d'après plusieurs projets de modélisation la houle n'a pas été aussi intense que pour les quatre autres épisodes cités, en particulier du point de vue d'une ampleur régionale des phénomènes.

Dans le Golfe d'Aigues-Mortes, et en particulier pour **les plages très protégées du littoral entre la Grande-Motte et l'Espiguette**, le classement des tempêtes est différent du fait de l'exposition de la côte face aux houles de sud uniquement (protection face aux houles d'E-SE grâce à l'Espiguette). Sur ces sites en particulier, d'après les prévisions du modèle « marc.ifremer.fr », 4 tempêtes ont marqué des records de vagues **depuis 2010** (et surclasses les événements du classement précédent pour cette période 2010-2020) :

- 1/ la tempête du 25 décembre 2013
- 2/ la tempête du 04 mars 2017
- 3/ la tempête du 20 décembre 2019
- 4/ la tempête du 03 novembre 2015
- 5/ la récente tempête du 24 avril 2019

Pour finir, et ce à titre d'information, certaines tempêtes particulières, d'orientation très « Est », tempêtes dites de *Levante* par les Catalans (vents d'E-NE au large) touchent surtout la côte catalane/Roussillonnaise, bien qu'elles affectent parfois le sud de l'Hérault et l'Aude. On peut citer par exemple la tempête du 26 décembre 2008 qui s'est révélée extrême avec Hs = 7,2 m à la bouée de Banyuls ; ou plus récemment la tempête Gloria du 21-22 janvier 2020, pour lesquelles la houle a dépassée 6 m à cette même bouée, tandis qu'elle n'a atteint que Hs = 3,3 m à Sète.

**Tableau 1 : liste des fortes tempêtes qui ont marqué des records de hauteur de houle dans l'Hérault (Hs au pic de tempête indiqué à Leucate et à Sète ; en l'absence de mesure le projet de modélisation du DICCA est utilisé, ici en texte gris)**

Date du pic de tempête	Hs max mesurée à Sète	Hs max mesurée à Leucate	Hs max modélisé à Sète	Hs max modélisé à Leucate
19/01/1979			5,0	5,7
<b>07/11/1982</b>			5,2	<b>5,5</b>
04/12/1987			4,9	5,7
17/11/1989	5,0		4,6	5,1
22/10/1990			5,0	4,8
27/09/1992	4,9		3,7	3,8
14/02/1994	5,2		4,9	4,2
19/10/1994	5,3		4,9	4,5
22/11/1995	4,6		3,2	4,3
08/12/1995	4,7		4,1	4,2
16/12/1995	4,7		4,0	4,5
22/01/1996	4,7		4,2	3,8
<b>16/12/1997</b>	6,8		5,5	<b>6,9</b>
31/12/1998	5,0		3,1	2,6
12/11/1999	5,2		4,8	5,8
23/12/2000	4,9		4,3	5,1
17/10/2003	4,0		4,2	5,6
31/10/2003	>4,1		4,1	3,3
04/12/2003	4,9 (ou 5,7 ?)		4,5	5,1
<b>21/02/2004</b>	5,4		5,3	<b>6,8</b>
28/01/2006			4,1	3,8
18/02/2007	4,8			
21/11/2007	4,4	4,3		
04/01/2008	4,9	4,6		
26/12/2008	4,0	4,7		
21/10/2009	4,5	3,3		
14/01/2010	4,8	4,2		
08/03/2010	3,7	5,5		
11/10/2010		4,8	4,2	
12/03/2011	5,1	4,9		
06/03/2013	4,7	6,0		
24/12/2013	4,4	2,9		
28/11/2014	4,9	4,4		
03/11/2015	4,1	4,0		
27/02/2016	4,3	3,4		
13/10/2016	5,4	5,3		
13/02/2017	4,1	5,0		
25/03/2017	3,8	4,3		
07/01/2018	3,7	4,3		
<b>01/03/2018</b>	5,8	<b>6,1</b>		
15/10/2018	4,8	4,0		
23/10/2019	4,45	4,1		
22/01/2020	3,3	4,8		

**Tableau 2 : inventaire du nombre de jours avec des vagues importantes à Sète pour chaque saison depuis l'hiver 2007-2008**

Saison	nombre de jours Hs > 2 m	nombre de jours Hs > 3 m
2007-2008	10.4	4.3
2008-2009	9.5	1.1
2009-2010	9.5	2.3
2010-2011	12.0	2.6
2011-2012	10.5	0.8
2012-2013	11.6	3.6
2013-2014	9.0	1.3
2014-2015	5.2	0.9
2015-2016	7.5	1.5
2016-2017	16.1	5.4
2017-2018	10.6	2.6
2018-2019	8.9	1.3
2019-2020	12.0	2.4

#### 1.4. Bilan des derniers hivers

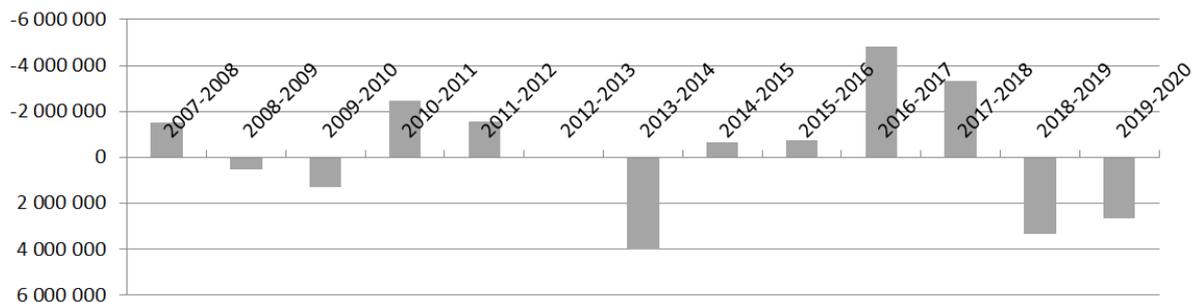
En comparaison de l'hiver 2016-2017, les 3 derniers hivers n'ont pas été aussi rudes, même si on assiste à une **légère recrudescence du nombre de coup de mer en 2019-2020, mais sans épisode extrême (forte tempête)**.

En termes d'ampleur des événements, seule la tempête du 23 octobre 2019 et l'épisode Gloria du 22 janvier 2020 sont un peu « sortie du lot » la saison dernière. Cette dernière n'a touché ardemment que les plages de l'ouest Hérault proches de l'Aude. La dernière grosse tempête en date reste la tempête du 01 mars 2018, qui constitue un épisode de houle tout à fait exceptionnel, avec une période de retour décennale.

#### 1.5. Analyse de la dérive sédimentaire depuis 2007

Connaissant la hauteur, la période et l'angle d'incidence des vagues lors de chaque coup de mer, grâce à la mesure des bouées, un calcul simplifié de la direction et de l'intensité résultante de la dérive sédimentaire peut être fait pour chaque saison. Ce calcul se base sur l'orientation de la côte et du cumul de la composante longitudinale à la côte du vecteur puissance de houle de chaque enregistrement (mesure toute les 30 minutes par la bouée).

La Figure 5 montre ce calcul sur le secteur central du Lido de Sète à Marseillan d'après les données du houlographe de Sète. Cette méthode, bien qu'assez théorique, se révèle dans les faits très proche des modélisations plus complexes de la dérive jusqu'à la côte et le domaine sableux de la plage (par ex. la thèse de Kulling, 2017).



**Figure 5 : calcul théorique de l'intensité résultante de la dérive sédimentaire sur le Lido de Sète à Marseillan d'après la puissance des vagues et la direction de la houle mesurée par la bouée houlographe de Sète (orientation du trait de côte selon la direction 48 °N). Une valeur positive signifie que la dérive est inversée et dirigée vers le NE sur le Lido.**

D'après nos calculs, il apparaît de manière assez certaine que la dérive a été très faible ou inversée par rapport à la situation normale sur les sites faisant face au sud-est lors des deux dernières saisons 2018-2019 et 2019-2020. Au cours de celle-ci, la dérive s'est certainement inversée et **du sable a transité vers l'E-NE sur bon nombre de sites de l'Hérault** à cause de la répétition fréquentes des houles venant de la direction du cadran S à SE, houles qui ont été pour une fois plus fréquentes et/ou plus fortes que les houles d'est-sud-est. A ce titre, les coups de mer du 24 avril et du 20 décembre 2019 avec des vagues venant du sud ont contribué fortement au transport du sable vers le NE, dans le sens souvent inverse à la dérive littorale connue sur le plus long-terme pour beaucoup de secteurs de la côte. Il est donc attendu que du sable se soit accumulé sur les digues de port et d'embouchure du côté E ou NE les hivers 2016-2017 et 2017-2018, mais qu'inversement le sable se soit accumulé du côté O ou SO les hivers 2018-2019 et 2019-2020, ce que certaines observations de terrain semble confirmer.

## Bilan et perspective

---

Grâce à la modélisation et aux enregistrements des bouées dans le Golfe du Lion, 43 épisodes de tempêtes « majeurs » ont été répertoriés depuis 1979 sur la zone entre le Narbonnais et l’Espiguette. Un croisement entre impact historiques et valeurs sur la houle doit être encore poursuivi par l’EID dans le cadre de nombreux autres projets, mais il ressort ici que la tempête de mars 2018 est classée comme un épisode d’occurrence (supra-)décennale et parmi les 4 tempêtes les plus fortes depuis 1979, ce qui explique la forte érosion des plages observée les mois après cette évènement. La tempête Gloria n’a pas été aussi intense pour les plages entre l’embouchure de l’Aude et l’Espiguette que pour la côte catalane. Depuis la tempête de mars 2018, les conditions semblent plus clémentes, même si plus de coups de mer ont eu lieu cette saison (2019-2020) par rapport à la précédente.

Le calcul de l’énergie des tempêtes d’après les enregistrements des bouées houlographes est important pour faire une estimation des forces qui se sont exercées sur la côte pendant un évènement ou une saison. Le calcul de la puissance des vagues et de leur direction permet notamment de connaître les directions de transport longitudinal du sable qui vont s’exprimer sur la côte, et la résultante annuelle du transport en fonction de la présence comparée des tempêtes d’Est-Sud-Est et de Sud. De cette façon, il apparaît que certaines années, comme lors des hivers 2013-2014, 2018-2019 et 2019-2020, les directions habituelles de transport du sable le long de la côte ont pu être inversées, ou fortement ralenties, cela sur de nombreux secteurs de l’Hérault.

Ce rapport discute aussi de l’importance des tempêtes de sud dans la dynamique du sable et les impacts qu’elles peuvent occasionnellement créer pour les plages du Golfe d’Aigues Mortes. Ces tempêtes sont un peu à part, mais un classement a aussi été réalisé sur l’historique de ce type d’évènement.

D’après nos observations de terrain et suivis de l’érosion, l’avancée généralisée du trait de côte depuis mi-2018 (ou le ralentissement de l’érosion), est à relier à l’adoucissement relatif des conditions de vagues. Si la situation n’est pas renversée sur de nombreux sites en érosion chronique, avec certains effets néfastes d’ouvrages, il faudra certainement plusieurs saisons pour « récupérer » de cette situation d’export (temporaire ?) du sable des plages vers la zone sous-marine.

# Houlogrammes récents à Sète

