

# Récapitulatif des événements météo-marins de forte houle sur le littoral de l'Hérault de l'été 1979 à l'été 2019



**EID Méditerranée  
Pôle Littoral**

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

Rapport d'octobre 2019

## 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

---

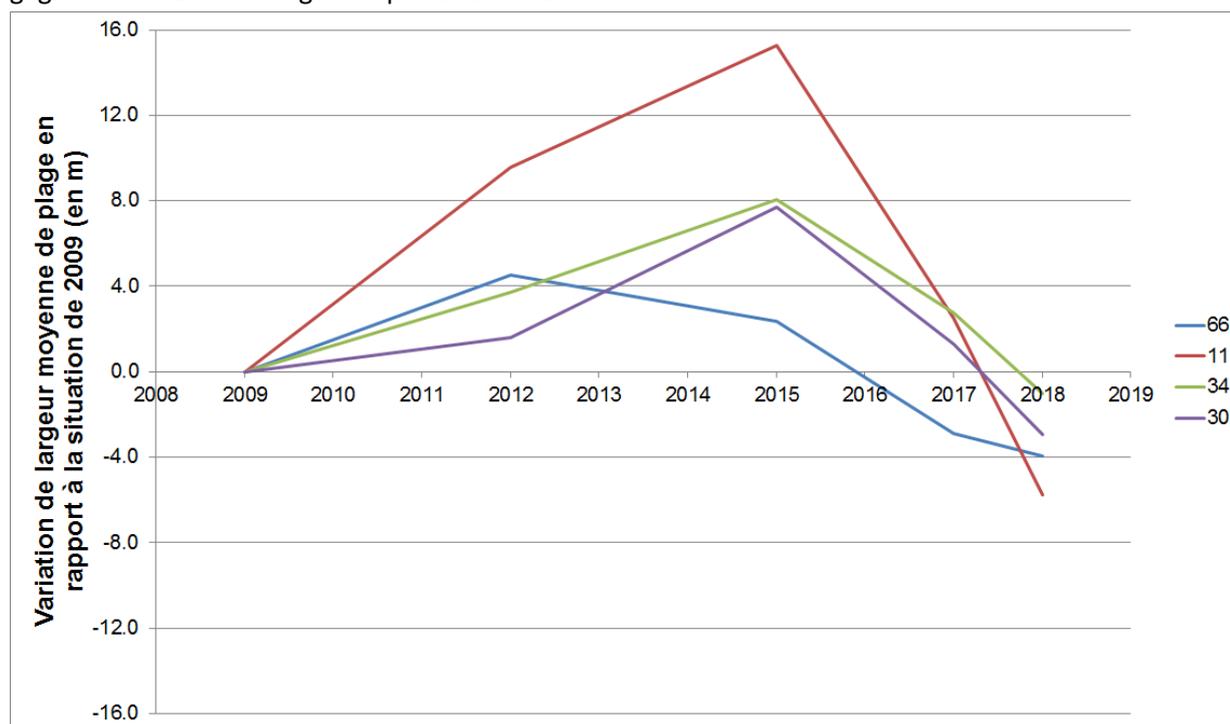
Préambule .....	3
Localisation des stations de mesures (houle, marée, vent) existantes dans le Golfe du Lion .....	4
Résultats .....	5
1.1. Vision générale de l'énergie des vagues par hiver depuis 1979 .....	5
1.2. Extraction des tempêtes.....	7
1.3. Tempêtes majeures depuis 1979 dans l'Hérault.....	7
1.4. Les derniers épisodes .....	10
1.5. Analyse de la dérive sédimentaire depuis 2007.....	10
Bilan.....	11

# Préambule

L'intérêt de ce référencement, déjà débuté il y a trois ans pour la période 1988-2016 (Heurtefeux et Boulet, 2017), est la création d'une base de données météo-marines concernant les épisodes de tempêtes majeurs qui ont touché la côte centrale et nord 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 sableuse 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 la présence de **fortes houles marines**, à savoir des vagues de forte hauteur et de grande vitesse au large qui vont déferler sur la côte 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.

La Figure 1 montre par exemple que les plages des quatre départements du littoral occitan ont réagi en moyenne de la même façon ces dernières années avec une tendance dominante à l'élargissement des plages entre l'été 2009 et l'été 2015, mais à l'inverse une tendance dominante au rétrécissement de la bande sableuse entre l'été 2015 et l'été 2018. Cet exemple confirme que les conditions de houle durant des périodes de temps de plusieurs mois sont la clef de la compréhension de la dynamique du trait de côte observé entre deux dates, et ainsi des volumes de plage perdus ou gagnés sur la zone émergée du profil sableux.



**Figure 1 : évolution de la surface des plages par département entre les étés 2009-2012-2015-2017-2018 d'après une étude des surfaces de plage sur des images aériennes et satellites (d'après une étude EID, 2018).**

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

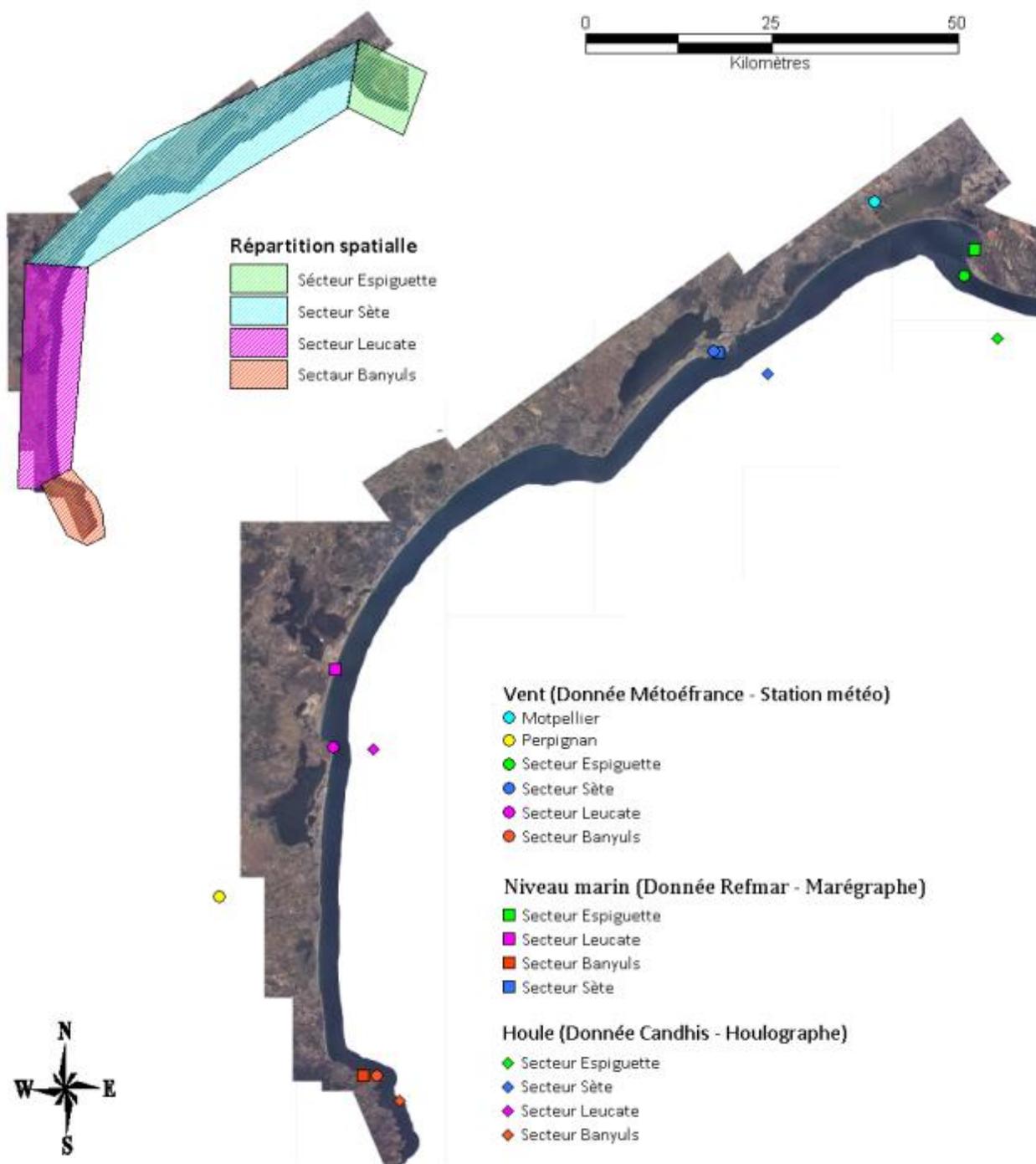


Figure 2 : stations de mesures météo-marines sur le littoral du golfe du Lion avec la position des 4 bouées de houle directionnelles (cf. <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>)

# Résultats

---

Les rapports précédents (cf. rapport tempête EID, 2018) décrit en détail la climatologie marine des houles dans le golfe du lion, et il convient de s'y référer. 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 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, seuils que nous réutilisons ici pour classer les événements, selon :

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

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 2). En général, les hauteurs de houle sont supérieures plus au large lors des tempêtes.

## 1.1. Vision générale de l'énergie des vagues par hiver depuis 1979

La Figure 3 présente l'énergie cumulée chaque hiver depuis 1979 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 les mesures de houle de la bouée de Sète qui reçoit l'essentiel des houles de tempête dans la région.

Cette figure montre que certains hivers comme les hivers : 1987-1988 ; 1995-1996 ; 2002-2003 ; 2003-2004 ; ou encore l'hiver 2016-2017 ont été particulièrement riches en coups de mer.

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 cumuls annuels.

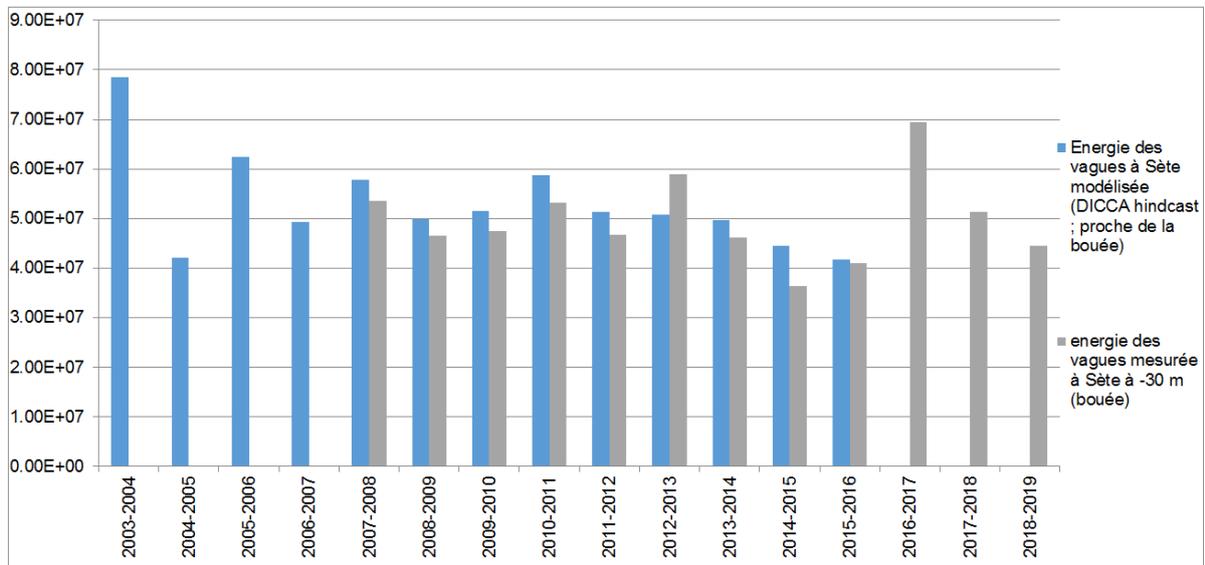


Figure 3 : Cumul de l'énergie des vagues par saison de septembre à septembre, d'après de la modélisation des vagues (projet du laboratoire DICCA) et de la mesure in-situ au large de Sète (seules les données récentes où la mesure est continue sont présentées)

Au regard des cumuls énergétiques, il apparaît très probable que l'accumulation générale du trait de côte entre les étés 2012 et 2015 (Figure 1), puis l'érosion en 2015-2018, s'explique par un contexte de décroissance, puis de croissance rapide de l'énergie des vagues.

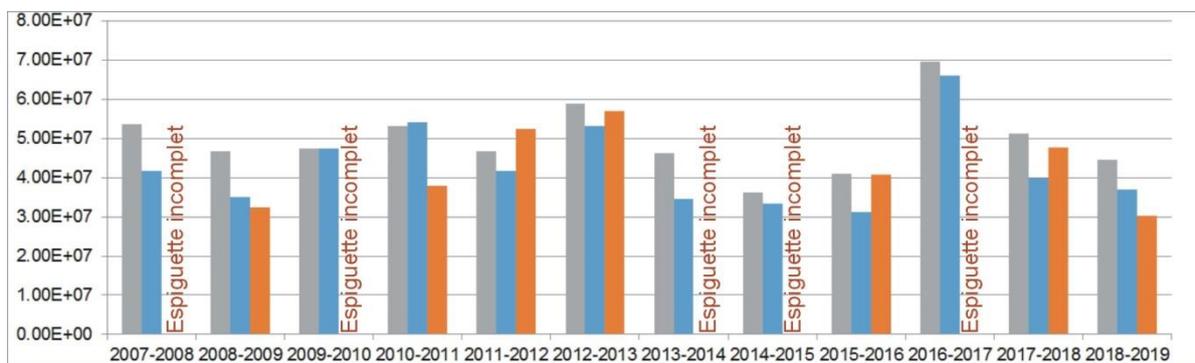


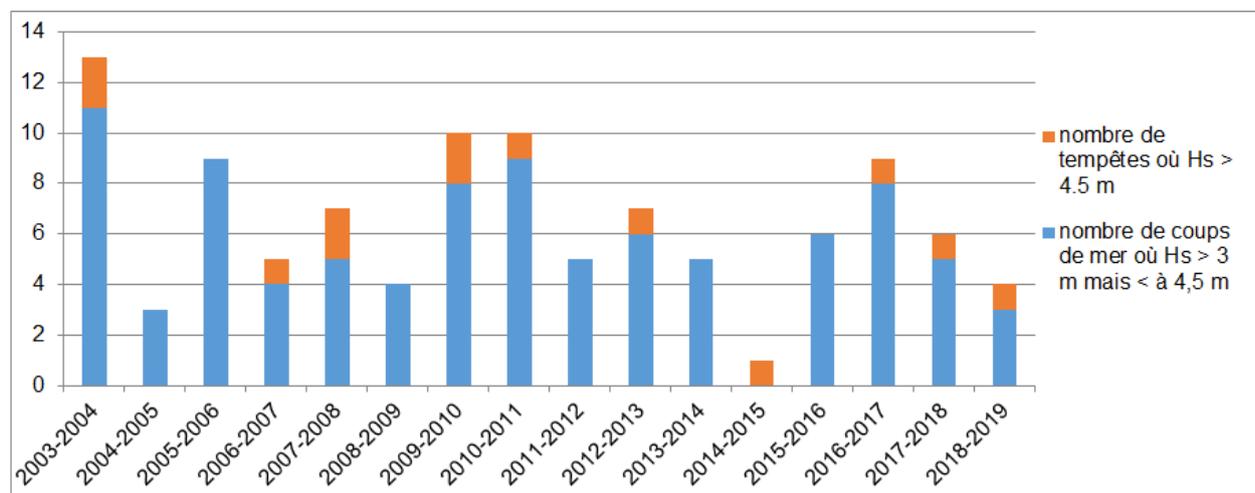
Figure 4 : énergie des houles marines cumulée par saison hivernale (septembre à septembre) pour les 3 stations de mesure de houle de la zone nord du Golfe du Lion (en gris Sète, en bleu Leucate, et en orange l'Espi guette quand la bouée a fonctionné toute la saison).

Le diagramme de la Figure 4 montre l'énergie des vagues cumulée par saison hivernale d'après la mesure des 3 bouées qui sont situées proches du littoral de l'Hérault. Ce graphique montre une relative bonne correspondance entre les stations de mesure : dans le sens qu'un **hiver énergétique le sera généralement partout sur la côte**, de même qu'un hiver plutôt « calme ». Notons néanmoins que la majorité du temps, hormis lorsque les tempêtes de l'hiver proviennent essentiellement d'une direction sud à sud-ouest, la bouée de l'Espi guette reçoit un peu moins de houle que celles de Sète et Leucate. Cette moindre agitation s'explique par son positionnement dans une zone légèrement abritée du golfe d'Aigues Mortes, en particulier vis-à-vis des tempêtes venant de la direction est à sud-est. A l'inverse, certaines saisons, comme durant l'hiver 2011-2012, la bouée de l'Espi guette reçoit d'avantage d'énergie du fait de la répétition de coups de mer venant d'une direction majoritairement « sud » (cadran de sud à sud-est).

## 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 2019. Ils sont au nombre de 25 tempêtes (Hs du pic > 4,5 m) et 135 coups de mer (Hs > 3 m).

En termes d'événements importants comptabilisés par période hivernale (Figure 5), depuis septembre 2006, les périodes hivernales 2009-2010, 2010-2011, et enfin 2016-2017 se sont révélées les plus riches en coups de mer avec plus de 8 épisodes ordinaires, dont 1 épisode -ou 2 de tempêtes (Hs > 4,5 m).



**Figure 5 : 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.

41 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).

**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
04/12/2003	4,9 (ou 5,7 ?)		4,5	5,1
31/10/2003	>4,1		4,1	3,3
<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	6,1		
15/10/2018	4,8	4,0		

Du point de vue **des records**, un classement énergétique (cumul sur l'évènement) a été réalisé sur les évènements 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 marquées des records de vagues **depuis 2010** (et surclasses les évènements du classement précédent) :

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

Ces classements ne traitent que des tempêtes dans la partie nord du Golfe du Lion et ne considèrent pas certaines tempêtes de *Levante* (vents d'E-NE au large) qui ont touché surtout la côte catalane plus au sud (ex. : tempête du 26 décembre 2018 qui s'est révélée extrêmement forte pour la partie sud du Golfe du Lion). Pour cela, il faudra se référer aux données de la bouée de Banyuls.

**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
2007-2008	10.4
2008-2009	9.5
2009-2010	9.5
2010-2011	12.0
2011-2012	10.5
2012-2013	11.6
2013-2014	9.0
2014-2015	5.2
2015-2016	7.5
2016-2017	16.1
2017-2018	10.6
2018-2019	8.9

## 1.4. Les derniers épisodes

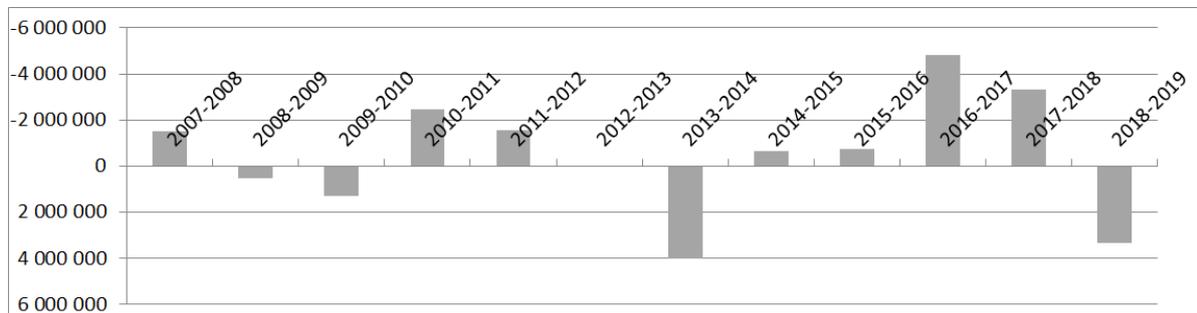
En comparaison de l'hiver 2016-2017, le dernier hiver 2018-2019 n'a pas été un hiver particulièrement agité, avec moins de 9 jours de vagues de Hs > 2 m dans l'année, contre 16 jours en 2016-2017.

En termes d'ampleur des événements, seule la tempête du 15 octobre 2018 est un peu « sortie du lot » la saison dernière. 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 (toute les 30 min.).

La Figure 6 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 (ex. : cf. la thèse de Kulling, 2017).



**Figure 6 : calcul théorique de l'intensité résultante de la dérive sédimentaire sur le Lido de Sète à Marseillan d'après le *wave energy flux* mesuré 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 saisons 2008-2009, 2009-2010, 2012-2013, et surtout lors des saisons 2013-2014 et 2018-2019. Pour ces deux derniers cas, la dérive s'est inversée de manière certaine et du sable a transité vers l'E-NE sur la majorité des sites de l'Hérault à cause de la répétition des houles de sud, houles qui ont été plus fréquentes que les houles d'est-sud-est.

# Bilan

---

Grâce à la modélisation et aux enregistrements des bouées dans le Golfe du Lion, 41 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 mené, 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.

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 événement ou une saison. A ce titre, la dernière saison 2018-2019 s’est montrée comme une saison de houle plutôt calme, avec peu de coups de mer, et peu d’épisodes extrêmes (en particulier en comparaison de l’hiver 2016-2017). 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 et 2018-2019, les directions habituelles de transport du sable le long de la côte ont pu être inversées (ou les flux ralentis) sur de nombreux secteurs de l’Hérault.

D’après nos observations de terrain et suivis de l’érosion, l’avancée généralisée du trait de côte, puis son recul respectivement entre les étés successifs des périodes 2012-2015, puis 2015-2018, sont à relier à la présence des tempêtes et leurs « répétitions/forces » durant la saison hivernale. Il est étonnant néanmoins de voir que l’adoucissement des conditions de vagues lors de la fin du printemps 2018 n’a pas suffi à contrer l’effet de la tempête de mars 2018 qui a provoqué un bouleversement du littoral et de l’équilibre des profils de plage de l’Hérault. Il faudra certainement plusieurs saisons pour « récupérer » de cette situation d’export (temporaire ?) du sable des plages vers la zone sous-marine.