

## Dépôts d'overwash et tempêtes à moyen terme sur deux lidos méditerranéens.

François SABATIER<sup>1</sup>, Hugues HEURTEFEUX<sup>2</sup>, Boris HANOT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Université, CEREGE, UMR 6635 CNRS, UFR des Sciences  
Géographiques et de l'Aménagement, Aix en Provence  
[sabatier@cerege.fr](mailto:sabatier@cerege.fr)

<sup>2</sup> EID Méditerranée, 165 avenue Paul-Rimbaud, 34184 Montpellier Cedex 4  
[hheurtefeux@eid-med.org](mailto:hheurtefeux@eid-med.org)

### Résumé :

Cet article analyse l'impact des tempêtes sur le recul du trait de côte et les processus d'overwash sur une côte à lido en domaine microtidal. Afin de déterminer les corrélations entre l'action des houles de tempête et les réponses morphodynamiques de la plage, deux types de plages identiques sont étudiées : une dans la Baie d'Aigues Mortes et l'autre en Petite Camargue. Cette étude est basée sur une longue période d'analyse photographique et sur un important travail de terrain. Une approche statistique des agents de forçage (depuis 1948) est utilisée pour vérifier sur les dépôts d'overwash et le recul du trait de côte sont la conséquence de l'augmentation de la fréquence des tempêtes.

### Abstract :

This paper analyses the impact of storms on shoreline retreat and overwash processes in a microtidal littoral barrier area. In order to determinate correlations between the action of storms waves and the morphodynamic responses of beaches, two similar types of beaches were studied: one in "Baie d'Aigues Mortes" and the other one in "Petite Camargue". This study is based on long period (1947-2003) photo-interpretation analysis and on an important field work. A statistical approach of the forcing agents (since 1947) was used to test if overwash deposits and shoreline retreat are consequences of the increase of storms frequency.

**Mots-clés :** tempête, trait de côte, overwash, photo-interprétation.

**Key words :** storm, shoreline, overwsah, photo-interpretation analysis.

## **1 Introduction**

Les lidos correspondent à des accumulations sableuses comprises entre la mer et une lagune qui jouent le rôle de défenses côtières naturelles. De manière générale, leur évolution dépend principalement de leur budget sédimentaire, de l'énergie des houles et des variations marégraphiques auxquelles elles sont soumises. Lors d'épisodes de tempêtes extrêmes, le cordon littoral séparant la mer de la lagune peut être détruit par les vagues qui franchissent le lido et déposent des sédiments dans la lagune. Ce processus, l'overwash, participe à la translation vers la terre d'un lido et donc à sa conservation de masse (figure 1). Lorsque le recul du rivage s'accompagne de dépôts de tempêtes dans la lagune, on peut alors considérer qu'il y a un transfert de matière et même si le lido recule, il n'est pas véritablement en érosion (Leatherman, 1979 ; Dingler et Reiss, 1990 Sabatier et al., 2004). Ce processus se réalisant uniquement durant les tempêtes, on peut logiquement s'interroger sur l'effet du changement climatique sur ces environnements dans le cas d'une augmentation de l'intensité et/ou de la durée des tempêtes. Dans le golfe du Lion (Méditerranée française) Ullmann et al., (in press) ont récemment montré que les surcotes marine sont légèrement plus importantes, tout comme les coups de vent de mer qui affichent, en plus, une durée de plus en plus longue depuis les années 70. Ce signal indiquerait une augmentation des tempêtes dans cette région où l'on retrouve de nombreux lidos (Petite Camargue, Maguelone, Sète, Narbonne, Leucate). Cet article analyse donc les dépôts d'overwash sur les lidos de Maguelonne et de Petite Camargue depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle. En effet, il est important, dans l'hypothèse d'un changement climatique de déterminer si : (1) les dépôts d'overwash se réalisent de manière continue à l'échelle mi séculaire, (2) des relations évidentes avec les forçages météorologiques existent et (3) les ouvrages de défense côtière (épis et digues) modifient cette dynamique naturelle.

## **2 Sites d'études**

Le lido de Maguelone est situé dans le Golfe d'Aigues-Mortes, au nord du Golfe du Lion. Ce cordon littoral, large de 50 à 200 m environ s'étend sur 5 km (figure 1). Les dunes culminent environ à 3 m NGF mais aujourd'hui plusieurs brèches sont ouvertes dans le cordon dunaire. Le lido de Maguelone sépare la Méditerranée, de l'étang de Pierre Blanche, lui-même bordé par le canal de navigation du Rhône à Sète.

Le lido de Petite Camargue s'étend sur 8 km environ entre le Petit Rhône et l'ancien Rhône Vif. Le cordon dunaire est aussi discontinu et présente plusieurs ouvertures aujourd'hui barrées par des digues. Au début des années 60's, le littoral de Petite Camargue a d'abord été équipé par une digue basse (environ +1 m NGF) constituée de limons, de galets et de tout venant afin de limiter les intrusions

marines dans les secteurs dépourvus de dunes. A l'origine, cet ouvrage se situait entre 50 et 150 m du rivage afin de conserver une distance suffisante pour ne pas perturber les variations saisonnières et naturelles du rivage. A la même époque, 5 épis test sont construits à l'Est du Rhône Vif. Ces épis, inclinés à 60° par rapport au rivage, n'ont pas permis de stabiliser le rivage et de protéger les dunes anciennes situées en arrière, cependant ce calibrage ne sera pas renouvelé. La première batterie d'épis perpendiculaires au rivage (10 ouvrages) est réalisée sur le littoral de Petite Camargue en 1975 pour servir de test. Suite à des résultats jugés positifs après 5 années d'observations, cette technique va progressivement s'imposer sur le littoral de Petite Camargue, surtout entre 1984 et 1986. A la fin des années 90's, 110 épis seront construits. Les intrusions marines n'étant pas stoppées par les épis et des brèches ayant été ouvertes durant les plus fortes tempêtes, une nouvelle digue en enrochement (+ 2.2 m NGF) est progressivement construite en arrière de la plage, approximativement au niveau théorique de la position de la dune ou à proximité immédiate du trait de côte.



Figure 1. Localisation des sites étudiés et un exemple de dépôt d'overwash du lido de Maguelonne durant l'hiver 2003-2004 (cliché EID Méditerranée).

Nous avons réalisé cette étude sur les lidos de Maguelonne et de Petite Camargue du fait des données disponibles, des enjeux humains importants (canal, du Rhône à Sète pour Maguelonne et industrie du sel pour la Petite Camargue) mais aussi pour pouvoir comparer la réponse de ces deux sites face à des tempêtes communes. En effet, les sites sont seulement distants d'une dizaine de kilomètres et ils sont exposés aux mêmes tempêtes. Par contre, les houles déferlantes de SE sont plutôt perpendiculaires au niveau du lido de Maguelonne alors qu'elles sont obliques devant celui de Petite Camargue, ce qui, a priori, devrait avoir des conséquences importantes sur les dépôts d'overwash. Ces deux lidos ont subi les tempêtes extrêmes de novembre 1982 et de décembre 1997 qui restent les

événements récents les plus forts. Nous faisons donc l'hypothèse que ces tempêtes ont joué un rôle déterminant dans l'évolution à moyen terme des lidos de Maguelone et de Petite Camargue.

### 3 Méthodes

L'analyse des surfaces perdues et des dépôts d'overwash sur les deux lidos suite au recul du rivage repose sur le traitement de photographies aériennes verticales et de relevés au DGPS (sauf pour les dépôts d'overwash) (figure 2). Les dates utilisées sont les suivantes : Petite Camargue : 1947 ; 1953/54 ; 1965 ; 1975 ; 1980 ; 1982 ; 1984 ; 1985, 1989, 1992, 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003, 2005 et Maguelonne : 1946 ; 1953, 1971 ; 1977 ; 1982 ; 1986 ; 1987 ; 1989 ; 1992 ; 1993 ; 1995 ; 1997 ; 2000 ; 2001. Les limites des dépôts d'overwash dans les lagunes ont été cartographiées et des estimations précises de leurs surfaces ont été effectuées. Cette approche présente cependant l'inconvénient de ne considérer que les dépôts extrêmes. En effet, des tempêtes moyennes peuvent s'étendre sur des cônes d'overwash mis en place précédemment mais sans en augmenter leur surface. Dans ce cas de figure, nous n'avons pas pu cartographier les dépôts.



*Figure 2 : Un exemple du recul du rivage en Petite Camargue. Les traits de différentes couleurs localisent la position du rivage entre 1947 (en rouge gras) et 2005 (en noir gras). Les flèches noires représentent les dépôts d'overwash dans les étangs. La distance entre deux épis est de 200 m. Le fond correspond à la BDOrtho de l'IGN de 2003.*

Des corrélations entre les dépôts d'overwash et les forçages météorologiques ont été recherchés en utilisant les données de la station Météo France de Sète (depuis

1948) et le marégraphe du Grau de la Dent (depuis 1904). Nous avons retenu les critères suivants : la fréquence hivernale des niveaux marins supérieurs à 40 et 60 cm NGF, le niveau maximum de la mer durant la période étudiée, le nombre d'évènements moyens par hiver où le vent de mer est supérieur à 10 m/s, supérieur à 10 m/s durant plus de 24 heures continues, supérieur à 15 m/s et supérieur à 15 m/s durant plus de 24 heures continues.

## 4 Résultats

### 4.1 Dépôts d'overwash

L'historique des dépôts d'overwash sur le lido de Maguelone (Figure 3) montre que c'est après la tempête de 1982 que des dépôts se sont produits mais cet événement exceptionnel n'a pas généré de dépôts d'overwash. En effet, nous n'avons pas observé de dépôts entre 1947 et 1986 alors que les périodes suivantes (1986 à 2001) indiquent plusieurs brèches (4 à 7) associées des dépôts d'overwash dans l'étang.

L'historique des dépôts d'overwash en Petite Camargue (Figure 3) indique une évolution différente. En effet, la période 1947 à 1980 est pourvue de plusieurs dépôts d'overwash (6 à 11 brèches) tandis que les périodes ultérieures, hormis les intervalles 1982-1984 et 1997-1998, se distinguent par une absence de dépôts de tempêtes dans les étangs. Cette distinction est liée à la présence de digues d'arrière ligne qui limitent les intrusions marines. Les digues n'ont cependant pas résisté aux événements extrêmes de 1982 et 1997 puisque des dépôts sont observés sur les clichés aériens de 1984 et 1998.

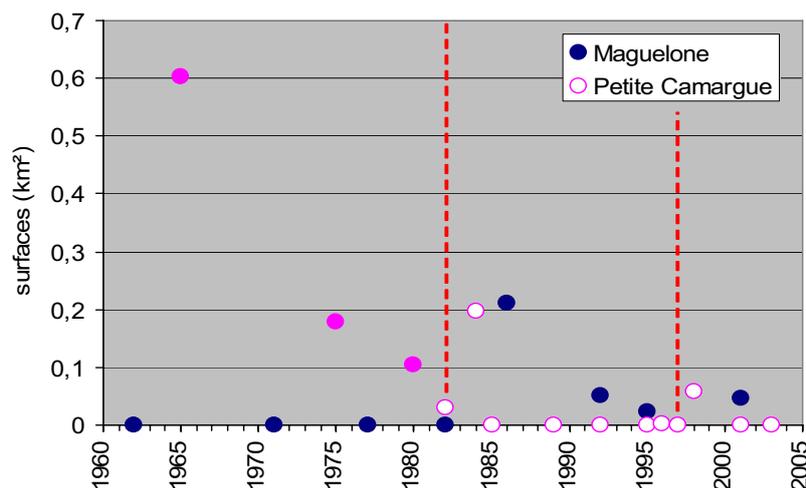


Figure 3 : Surface des dépôts d'overwash par périodes sur les lidos de Maguelone et de Petite Camargue (les ronds blancs indiquent les périodes durant lesquelles des ouvrages limitent les submersions marines-digues). Les traits rouges représentent les tempêtes exceptionnelles de 1982 et 1997.

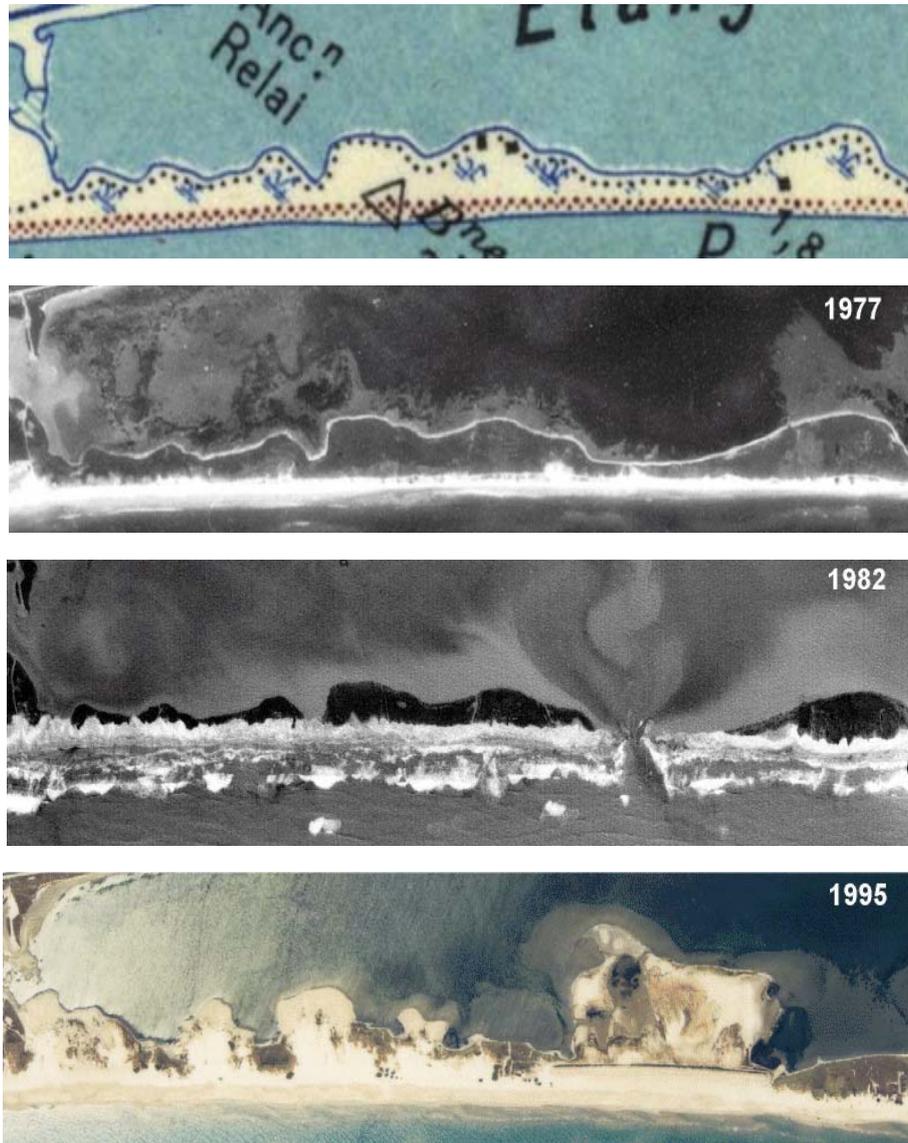


Figure 5 : Un exemple de dépôts d'overwash dans la lagune sur le lido de Maguelonne entre 1953 et 1995.

#### 4.2 Relations entre les overwash, le recul du rivage et les tempêtes

La relation entre le recul du rivage et les dépôts d'overwash indique d'abord que toutes les périodes où le rivage recule ne sont pas nécessairement associées à des dépôts d'overwash (Figure 6). Cette évolution est liée à la présence des digues en Petite Camargue mais correspond aussi à l'évolution naturelle du lido de Maguelonne entre 1947 et 1986. Par contre, durant les tempêtes extrêmes de 1982 et 1997, l'analyse par photo-interprétation témoigne d'une bonne relation entre recul du rivage et dépôts d'overwash, et ce, même sur le lido de Petite Camargue équipée de digues.

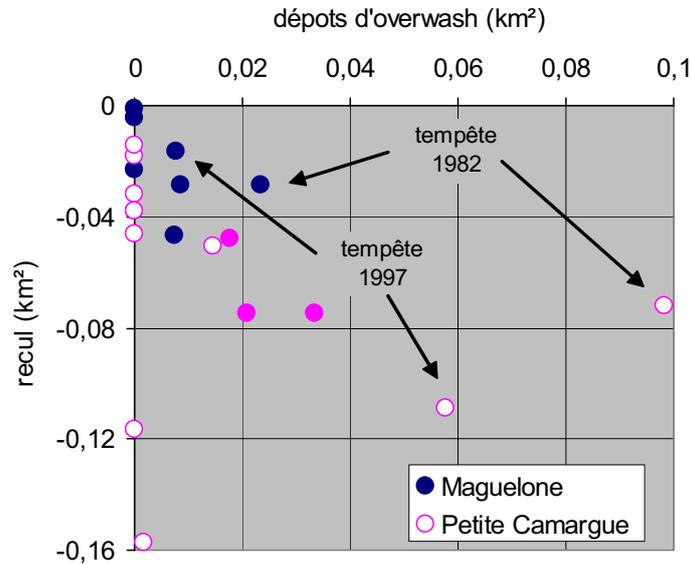


Figure 6 : Pertes surfaciques versus dépôts d’overwash sur les lidos de Maguelone et de Petite Camargue (les ronds blancs indiquent les périodes durant lesquelles des ouvrages limitent les submersions marines).

De plus, sur les deux lidos, nous n’avons pas pu mettre en évidence de corrélations significatives entre les superficies des dépôts d’overwash et les forçages (tableau 1). En Petite Camargue, une analyse en conservant les années naturelles (dépourvues d’ouvrages, avant 1984) a aussi été recherchée sans cependant aboutir à de meilleurs résultats. Ces résultats soulèvent aussi le problème de la représentativité des forçages et des seuils choisis mais à ce jour la communauté scientifique ne propose pas de résultats probants sur ce thème. De plus, ils dévoilent qu’un paramètre intermédiaire, non pris en compte ici et discuté dans la section 5.2, intervient entre les forçages météo-marins et la résultante morphologique.

Tableau 1 : Matrice de corrélations entre les dépôts d’overwashes et les forçages

	Niveau > 40 cm	de la > 60 cm	mer max annuel	> 15 m/s	Vent > 15 m/s et >24 h	(nbre > 10 m/s	cas/an) > 10 m/s et >24 h
<b>Maguelonne</b>	0.33	0.40	0.43	-0.05	0.04	-0.20	-0.20
<b>Petite Camargue</b>	-0.35	-0.36	-0.46	-0.15	-0.26	-0.17	-0.20

## **5 Discussion**

### **5.1 Le rôle des ouvrages sur le fonctionnement d'un lido**

Le fonctionnement naturel des deux lidos étudiés correspond donc à la fois à un secteur où le rivage recule rapidement (Sabatier et Suanez, 2003 ; Durand et Heurtefeux, 2005) et sur lequel une translation vers la terre se produit. En Petite Camargue, la construction des digues a bloqué ce mécanisme naturel de réajustement du profil de plage qui permet au prisme sédimentaire de reculer et de s'élever en comblant progressivement les étangs (Sabatier et al., 2004). Le littoral de Petite Camargue devient donc plus vulnérable à la montée de la mer. A long terme et d'un strict point de vue géomorphologique, la faiblesse des digues devient un avantage puisqu'il semble que ces dernières ne puissent pas jouer leur rôle mais laissent « passer » les dépôts de tempêtes. Ce site se trouve donc dans une situation paradoxale et problématique puisque le maintien de l'activité économique dépend de la stabilité du prisme littoral en place tandis que les dynamiques naturelles forcent le système vers un comportement contraire. Dans l'hypothèse d'une augmentation des tempêtes et/ou des surcotes, cette situation ne fera qu'empirer et rendra problématique le maintien des activités économiques dans ce secteur.

### **5.2 Les relations morphologie / forçages**

A Maguelone il semble que la tempête de 1982 soit particulièrement déstabilisatrice même si elle ne se traduit pas directement par des dépôts d'overwash dans l'étang. En effet, cet événement extrême a érodé et affaibli le cordon dunaire sans réellement parvenir à le franchir. Dans ces conditions, les tempêtes suivantes, moins fortes, ont la capacité de franchir les dunes et de déposer des sables dans l'étang. Par conséquent, si la force des tempêtes est un élément important pour pouvoir induire potentiellement des dépôts d'overwash, la morphologie anté-tempêtes est tout aussi déterminante. Nous faisons donc l'hypothèse que le cordon dunaire, bien formé entre 1947 et 1982, pouvait limiter les intrusions marines. Il semble donc que la situation de 1982 représente un seuil morphologique sur lequel est venue s'abattre une tempête extrême produisant un déséquilibre qui contraint le prisme sédimentaire du lido à se réadapter ensuite. Les dépôts d'overwash sont une des manifestations géomorphologiques de ce déséquilibre et de la recherche du système à se ré adapter aux forçages. La tempête extrême de 1997 ne produit donc pas les mêmes effets car elle s'abat sur un cordon littoral déjà affaibli suite à l'événement déstabilisateur de 1982.

## **6 Conclusion**

Cet article a cherché à définir si l'évolution à moyen terme des lidos de

Maguelone et de Petite Camargue montre des relations simples avec les forçages climatiques (tempêtes). Nous montrons que deux lidos qui reçoivent les mêmes tempêtes ne se comportent pas toujours de manière identique, ce qui rend difficile une modélisation conceptuelle globalisante extrapolable aux autres lidos du Golfe du Lion. Dans les deux cas cependant, nous mettons en évidence une érosion chronique où les tempêtes extrêmes jouent un rôle d'accélérateur et/ou de déstabilisateur. Cependant, la force des tempêtes sur le recul du rivage ou les dépôts d'overwash n'est pas le seul paramètre à prendre en compte car nous suggérons aussi que la morphologie ante tempête et le rééquilibrage du prisme littoral interviennent aussi largement sur la morphodynamique littorale des lidos. Cette dernière relation est probablement composée de relations non linéaires dont la durée est encore inconnue. A l'avenir, une augmentation des tempêtes (Ullmann et al., sous presse), se traduira par des érosions plus importantes que celles qui ont été mesurées mais cette augmentation interviendra sur des systèmes qui sont déjà fragiles. Compte tenu des résultats mitigés des enrochements déjà déployés sur la Petite Camargue (Samat, 2007), les techniques des protections futures qui chercheraient à ralentir le recul du rivage devraient intégrer le comportement « type » des lidos et autoriser les dépôts d'overwash pour permettre une translation du cordon littoral sans augmenter artificiellement l'érosion. Les études qui abordent le thème de la vulnérabilité des littoraux (recul du rivage et dépôts d'overwash par submersions marines) en fonction du changement climatique devront tenter d'intégrer les bilans sédimentaires des secteurs ainsi que la morphologie anté tempête. Cette remarque peut sembler évidente mais elle n'est cependant pas (encore) préconisée par les instances internationales qui émettent des rapports et des recommandations sur le changement climatique et son impact sur la zone côtière (IPCC, 2007).

## **7 Remerciements**

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme GICC-IMPLIT soutenue par le MEDAD. Albin Ullmann est remercié pour son aide concernant le traitement des données météo-marines.

## **8 Références**

- 1 LEATHERMAN S P. (1979). *Migration of Assateague Island, Maryland by inlet and overwash processes*. *Geology*, 7, 104-107.
- 2 DINGLER J.R., REISS T.E. (1990). *Cold-front driven strom erosion and overwash in the central part of the Isles Dernières, a Louisiana barrier island arc*. *Marine Geology*, 91, 195-206.
- 3 SABATIER F., PROVANSAL M., FLEURY T. (2005). Discussion of:

- PASKOFF R., (2004). Potential Implications of Sea-Level Rise for France. *Journal of Coastal Research*, 20(2), 424–434. *Journal of Coastal Research*, 21, 4, 860-864
- 4** ULLMANN A., PIRAZZOLI P., MORON V. (sous presse). *Sea surges around the Gulf of Lions and atmospheric conditions*. *Global and Planetary Change*.
- 5** SABATIER F., SUANEZ S. (2003). *Evolution of the Rhône delta coast since the end of the 19<sup>th</sup> century*. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 4, 283-300.
- 6** DURAND P., HEURTEFEUX H. (2005). *Impact de l'élévation du niveau marin sur l'évolution future d'un cordon littoral lagunaire : une méthode d'évaluation. Exemple des étangs de Vic et de Pierre Blanche (littoral méditerranéen, France)*. *Zeitschrift*. 2, 64-86.
- 7** SAMAT O. (2007). *Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du delta du Rhône*. Thèse, Université de Provence, 370 p.
- 8** INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of the working group to the fourth assessment report of the IPCC, World Meteorological Organization*, Genève, 938 p.