

OCCITANIE

Un littoral en mouvement



Sciences humaines et sociales
Édité par l'association *Études sur l'Hérault*
Avec le concours du Département de l'Hérault

Le littoral agathois, un patrimoine géomorphologique en danger

Benoît DEVILLERS *

Résumé

Cet article traite de l'évolution du littoral agathois depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, à partir d'une étude cartographique régressive. Les données sont comparées aux modèles basés sur l'évolution du niveau marin. Elles mettent en évidence le rôle prépondérant du bilan sédimentaire et des héritages géomorphologiques. Le recul du trait de côte est mesuré depuis la fin du XIX^e siècle. Il atteint par endroit plus de 500 m. Le climat, l'évolution de la couverture végétale, la construction de barrages, la chenalisation de l'Hérault et l'artificialisation du trait de côte expliquent ce processus. Ces facteurs sont au moins aussi importants que le niveau marin, qui est malgré tout parfois le seul facteur invoqué pour expliquer l'avancée de la mer.

Mots-clés

Agde, fleuve Hérault, trait de côte, niveau marin, patrimoine.

Abstract

This article deals with the evolution of the Agathois coastline since the end of the Little Ice Age, based on a regressive mapping study. The data are compared to models based on sea level change. They highlight the preponderant role of sediment balance and geomorphological legacies. The retreat of the coastline has been measured since the end of the nineteenth century. It reaches more than 500m in some places. The climate, the evolution of the vegetation cover, the construction of dams, the channeling of the river Hérault and the artificial elements of the coastline explain this process. These factors are at least as important as sea level, which is in spite of everything, sometimes the only factor invoked to explain the advance of the sea.

Key word

Agde, river Hérault, coastline, sea level, heritage.



Héritage d'une longue évolution du niveau marin, des apports sédimentaires et de l'activité des sociétés, le littoral languedocien change à nouveau de physiologie. Le recul des plages sous l'effet de l'érosion est sans doute la transformation qui a suscité le plus grand nombre de mesures de protection. Mais, ces dernières ont provoqué un déséquilibre des profils des plages et une plus forte sensibilité des littoraux aux effets des variations climatiques¹. Le littoral constitue donc un patrimoine géomorphologique « en voie de disparition » qu'il convient de mieux connaître et éventuellement de préserver. La compréhension des dynamiques géomorphologiques sur le temps long, souvent peu prises en compte dans les politiques d'urbanisme et

d'aménagement du territoire, s'avère alors nécessaire. L'étude du littoral agathois à l'échelle centennale permet d'analyser les principales causes de sa métamorphose et les ressorts des récentes politiques d'aménagement.

L'évolution du littoral agathois dans le temps et l'espace

Du port d'Embonne à la tour Saint-André, le littoral agathois constitué par des formations meubles, présente deux types de paysage bien distincts. D'Embonne au cap d'Agde, les plages sont étroites et s'inscrivent dans les coulées basaltiques de l'Escandorgue. Le matériel sédimentaire de ces

* DEVILLERS Benoît : maître de conférences HDR de géographie, Université Paul Valéry-Montpellier III.



« plages de poche » provient de l'érosion du substrat et, dans une moindre proportion, de la dérive littorale qui le déplace le long du rivage. La topographie marquée de cette partie du littoral la rend moins sensible à la remontée du niveau de la mer ou aux variations des bilans sédimentaires. À l'ouest, de grandes plages ouvertes forment un cordon littoral relativement large, interrompu par les embouchures du fleuve Hérault (la Tamarissière en rive droite et Le Grau d'Agde en rive gauche), le canal du Clôt de Malhet (se raccordant au canal du Midi) et le paléograu du Clos de Vias lors des inondations ou des surcotes marines.

Ce littoral se caractérise par l'existence de barres d'avant-côte formées par la houle, par la présence de nombreux épis raccordés à la plage émergée et par celle de lambeaux dunaires en arrière-plage, témoin de l'existence de dunes dans un passé récent. L'Hérault est le contributeur de cette cellule sédimentaire. Le déplacement latéral des sédiments sur la côte s'effectue de l'est vers l'ouest grâce à la dérive littorale². En arrière du cordon littoral, la plaine née du remblaiement d'anciennes lagunes par les alluvions de l'Hérault³ est soumise aux inondations fluviales⁴ et à la submersion marine, au moins jusqu'au Canal du Midi⁵ distant de quelque 4,5 kilomètres du rivage.

Pourquoi privilégier ici l'échelle du siècle ?

Dans l'évolution des littoraux, ce qui relève d'événements météorologiques (par exemple une tempête) ou des saisons (en hiver, le recul généralisé du trait de côte) se distingue de ce qui a trait aux transformations durables de la géomorphologie et des milieux qui résultent d'évolutions autocycliques. En outre, il faut aussi prendre en compte les décalages chronologiques entre la variabilité des apports de sédiments du bassin-versant et leurs impacts en termes de formations et d'évolution du littoral⁶. Ce temps de réponse des littoraux peut être de l'ordre de la décennie jusqu'au siècle. Retenir l'échelle du siècle semble pertinent au regard, d'une part, des changements climatiques que connaît l'Hérault depuis le début du XIX^e siècle⁷ et, d'autre part, du recul généralisé de son trait de côte qui se conjugue avec l'urbanisation⁸, intensifiée à partir de 1963 par l'aménagement touristique du littoral languedocien et rousillonnais. La transformation des agrosystèmes et l'augmentation de la couverture forestière⁹ qui modifient les apports sédimentaires peuvent aussi être pris en considération. La période retenue pour l'étude s'étend de la fin du XVIII^e siècle à nos jours en raison notamment de l'existence de séries de données continues assez représentatives bien que pas toujours aussi précises que des données contemporaines. Cette période qui court donc sur deux siècles semble bien indiquée, compte tenu des « temps de réponse » des éléments en interaction qui composent le littoral (géosystèmes) et de leur métamorphose.

La portion de côte à l'ouest du cap d'Agde, une échelle précieuse

Mais qu'est-ce, au fait, qu'un littoral ? Pierre George et Fernand Verger¹⁰ écrivent qu'il s'agit d'un « espace influencé par les forces marines agissant au contact du continent ». Cette définition a l'intérêt de prendre en compte l'influence

de la mer sur le temps long en dépassant l'observation stricte du trait de côte. Ainsi, dans le cas du littoral agathois, la partie aval de la plaine de l'Hérault, jusqu'à Agde environ, peut-elle être étudiée. Le fonctionnement sédimentaire du littoral nous incite à retenir particulièrement la portion de côte à l'ouest du cap d'Agde.

Afin de comprendre l'évolution de ce littoral meuble, il faut scruter l'activité du bassin versant de l'Hérault dont ses sédiments sont issus. Par son débit moyen de 50 m³/s, l'Hérault est le premier fleuve méditerranéen français¹¹. Il délivre actuellement en moyenne 0,15 million de tonnes de sédiments par an, loin devant l'Aude (0,1 Mt/an) ou l'Orb (0,06 Mt/an). Si le Rhône est l'agent morphogène dominant du golfe du Lion avec ses 8,5 millions de tonnes par an rejetés sur le littoral, l'Hérault a une importance au sein de la cellule sédimentaire située entre Saint-Pierre et le cap d'Agde¹². De plus, l'urbanisation et l'artificialisation du bassin versant de ce fleuve et du littoral ont contribué à perturber le fonctionnement sédimentaire de ce dernier. Il est donc particulièrement judicieux de mettre en relation l'évolution du fleuve, pourvoyeur en sédiments, et ce littoral meuble. L'histoire commune de ces « objets géographiques » en Méditerranée occidentale dépasse la simple étude de cas, et fait du littoral agathois une illustration générale des relations entre un fleuve, un littoral et une société.

Comment mesurer l'évolution du trait de côte ?

Afin de suivre l'évolution des formes du littoral à l'échelle de temps centennale, plusieurs cartes et orthophotographies semblent utiles. Les cartes par exemple, celles ancienne de Garipuy¹³ (1774) et récente de l'état-major (1952), sont alors géo-référencées avec l'aide d'une vingtaine de points de contrôle. Vérifiée sur plusieurs éléments permanents du paysage (bâtiment, croisée de route, etc.), la marge d'erreur est d'ordre décimétrique. Si la précision des levées originelles est difficile à évaluer, la correspondance entre les cartes des XVIII^e et XX^e siècles est élevée. Ces cartes sont complétées par l'analyse des photos aériennes de l'IGN de 1954 et les orthophotographies de l'IGN de 2013 et 2015 très précises, c'est-à-dire de 50 centimètres de résolution.

D'autres documents n'ont pas été retenus dans le cadre de cette étude¹⁴, comme la carte de Cassini dont le géoréférencement est insatisfaisant ou les photographies aériennes de 1945 obtenues un jour de tempête, la forte houle, la surcote marine, et surtout les déferlements importants faussant considérablement la cartographie du trait de côte. Si le cadastre napoléonien de 1821 révèle un paysage littoral géométriquement très proche de celui de la carte d'état-major de 1952, il présente des problèmes importants de projection et de représentation. Il est donc inapproprié de l'employer dans une démarche quantitative de mesure de l'évolution du littoral.

Afin d'identifier l'évolution du trait de côte, 36 transects perpendiculaires au littoral et espacés de 200 m chacun sont tracés sur le logiciel ArcGis. Ces transects permettent de mesurer les distances entre les traits de côtes





Fig. 1. Évolution du littoral agathois du XVIII^e siècle à nos jours. © Benoît DEVILLERS.

des différentes sources cartographiques et photographiques. Les résultats obtenus sont analysés puis ensuite comparés au calcul théorique du recul du littoral selon le seul facteur eustatique, c'est-à-dire comparé au modèle de submersion des côtes meuble de Bruun. Cela permet de comparer l'évolution réellement observée du trait de côte depuis le XVIII^e siècle à son évolution « théorique » modélisée par le changement seul du niveau marin. Enfin, le poids des autres différents facteurs, comme les variations des apports sédimentaires et l'artificialisation des côtes, peut ensuite être évalué et discuté.

Le littoral agathois a sensiblement évolué en un peu plus d'un siècle et demi

Le littoral agathois a sensiblement évolué comme le montre la cartographie des traits de côte depuis la fin du XVIII^e siècle. Si le recul est la tendance, il n'est ni constant dans le temps, ni généralisé le long de cette côte. (Fig. 1)

Le trait de côte le plus ancien adopte une forme généralement concave sur la globalité du secteur. Dans la basse vallée de l'Hérault sur le temps long, ce type de morphologie peut indiquer la prévalence des dynamiques marines sur les dynamiques fluviales¹⁵. Par rapport au trait de côte actuel, la position est avancée de 50 à 150 m sur la partie occidentale et, inversement, en retrait de 250 à 15 m à l'est de l'Hérault. Aucun aménagement littoral n'est visible sur cette carte. Les lagunes du Clos de Vias héritées de phases antérieures¹⁶, étaient encore en connexion avec la mer.

Du XVIII^e au milieu du XIX^e siècle la progradation littorale est généralisée. Par endroits le littoral était avancé de plus de 500 mètres par rapport à sa position actuelle. Il a pu donc gagner plus de 400 m en un siècle. D'un point de vue morphologique, la convexité générale du littoral est moins marquée, le grau du Clos de Vias ne semble plus exister de façon pérenne et de petites avancées deltaïques (barres sableuses) sont cartographiées, ce qui suggère l'importance accrue des apports sédimentaires. Dans ce contexte morpho-sédimentaire, la construction de la digue orientale de l'embouchure de l'Hérault favorise la sédimentation locale, le trait de côte suit donc la construction de cet aménagement et minimise l'asymétrie du trait de côte de part et d'autre du fleuve.

En revanche, les photos aériennes de 1954 permettent de mesurer un recul généralisé du trait de côte. En un peu moins d'un siècle, le littoral a reculé de 168 mètres en moyenne. Le recul est rapide à l'ouest (250 mètres) et plus modéré à l'est de l'Hérault (100 mètres). La forme concave est prononcée, le trait de côte est régularisé, seulement ponctué de quelques bancs de sable à l'embouchure. Les ouvrages de « protection » sont encore rares : nous pouvons noter un enrochement du rivage en cours d'érosion et de démantèlement à la Tamarissière et l'artificialisation de la rive droite de l'embouchure de l'Hérault. Les zones humides et les lagunes fermées sont largement rognées par le recul du littoral. Il n'en subsiste que les lambeaux les plus éloignés de la côte. En amont, le fleuve est chenalisé jusqu'au canal du Midi, toutefois de nombreux bancs sont visibles au sein de celui-ci et ils soulignent la présence et l'activité de la charge de fond. (Fig. 2)

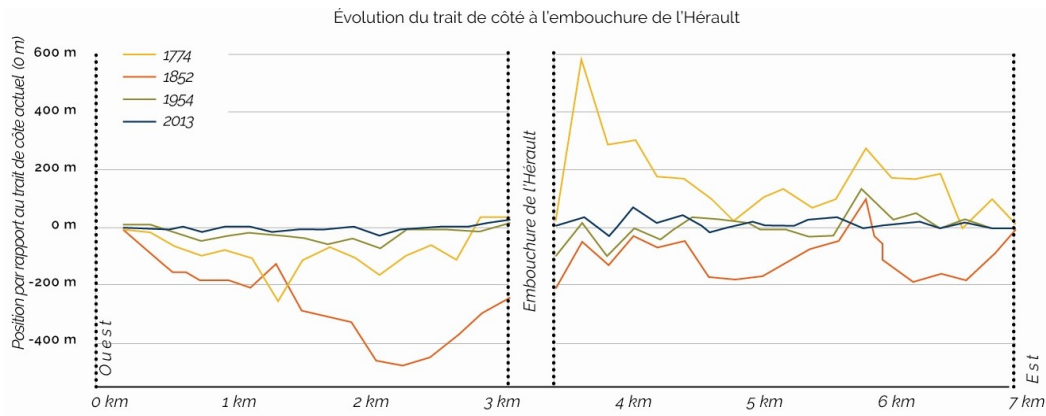


Fig. 2. Mesure de l'évolution du rivage. © Benoît DEVILLERS.

Le littoral recule encore sensiblement durant la seconde moitié du XX^e siècle et le début du XXI^e siècle. Le trait de côte relevé en 2013 a reculé de 11 mètres par rapport à celui de 1954. Particulièrement marqué dans le secteur de l'embouchure de l'Hérault, ce recul s'accompagne de la disparition de barres et de bancs sableux sur le littoral et la portion aval du fleuve, ce qui révèle la diminution de la charge sédimentaire. L'autre fait notable durant cette période est la construction de plus de 82 % des aménagements littoraux existants aujourd'hui et visant à protéger les plages de

l'érosion. Les impacts morphologiques sont directement observables : les épis segmentent le cordon littoral en de nombreuses plages convexes, tandis que des tombolos (cordons littoraux fins qui relient deux étendues terrestres) se forment à l'arrière des brise-lames. Dans le détail, le trait de côte est artificialisé et le transport sédimentaire le long du littoral (dérive littorale) est bloqué ou tout du moins largement perturbé par les épis et les brise-lames à l'embouchure de l'Hérault. Dans ce contexte de bilan sédimentaire négatif, l'engraissement ponctuel du cordon littoral s'effectue forcément au détriment des zones plus éloignées des sources sédimentaires (fleuve, dérive littorale). (**Fig. 3**)

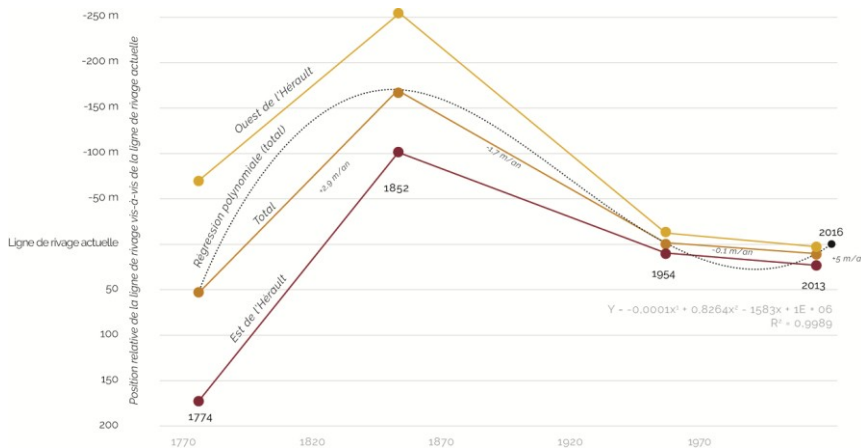


Fig. 3. Tendances de l'évolution du trait de côte depuis le XVIII^e siècle. © Benoît DEVILLERS.

Entre 2013 et 2015, le trait de côte semble avoir avancé d'une dizaine de mètres en moyenne. Ce résultat est à relativiser au regard tout d'abord de la résolution des documents utilisés et de la finesse d'échantillonnage des transects de mesure. L'échelle adoptée n'est pas particulièrement adaptée à une étude sur le temps court, sur une incrémentation annuelle. De plus, il faut tenir compte des recharges sédimentaires qui font évoluer ponctuellement le trait de côte et modifient le bilan sédimentaire, telles que les 60 000 mètres cubes de sable déposés

durant cette période à Vias et les 54 000 mètres cubes sur les plages attenantes à l'embouchure de l'Hérault. Toutefois quelques changements morphologiques sont clairement identifiés. Dans le détail, il est marquant que les nouveaux épis au droit du Clos de Vias aient accentué la concavité des plages à cet endroit et aussi plus à l'ouest... De même, les brise-lames construits au Grau d'Agde ont formé d'imposants tombolos, mais ils ont aussi fait reculer le trait de côte d'une trentaine de mètres dans des secteurs très vulnérables. Ce phénomène est connu et décrit dans de nombreux environnements littoraux, comme à Vias par exemple¹⁷.

L'élévation relative du niveau marin, cause du recul du littoral ?

Accélération récente et submersion

Le niveau marin relatif s'élève à des vitesses variables depuis plus de 18 000 ans en Méditerranée¹⁸ ; très rapide après la dernière période glaciaire (environ 11 mm/an), sa vitesse s'est fortement ralentie il y a 7 000 ans (1 mm/an en moyenne), relativement stable au XVIII^e siècle, elle s'accélère depuis le début du XIX^e siècle, à la suite des changements climatiques en lien avec la révolution industrielle¹⁹. Il a gagné au moins 25 centimètres depuis 1800 en Méditerranée et plus de 50 centimètres dans le proche contexte de côtes meubles et subsidentes de la Camargue²⁰. La vitesse de l'élévation du niveau marin a donc triplé en deux siècles, passant de 1 mm/an à une vitesse de 2 à 3 mm/an. Les projections estiment une vitesse de 4,4 mm/an d'ici la fin du siècle.

Ces faits ont été mesurés par différents marqueurs et marégraphes, et publiés dans de nombreuses études compilées par le GIEC en 2013²¹. Cette accélération de la montée du niveau de la mer est couramment invoquée pour expliquer le recul des côtes, parmi d'autres facteurs, dans les articles scientifiques, mais souvent comme seule explication dans les médias et par les gestionnaires du territoire. Dès lors, les modèles de submersion des côtes, ne prenant en compte que le facteur de l'élévation du niveau de la mer, peuvent être facilement mis en place – il suffit d'avoir des cartes précises et de simuler un niveau marin sur celles-ci –, et repris²². L'avantage souvent avancé est la prise de conscience du public ; l'inconvénient est que ces cartes sont fausses et surtout qu'elles déresponsabilisent les populations locales et les acteurs territoriaux quant aux choix des aménagements qui ont été et sont encore conduits sur le littoral... l'élévation du niveau marin (et le recul des côtes) étant forcément une problématique d'échelle mondiale.

Adaptation des côtes sableuses aux changements de niveau marin

Les littoraux de côte meuble résultent d'un équilibre face au bilan sédimentaire entre d'une part les dépôts de sédiments apportés par les cours d'eau puis redistribués par la dérive littorale et d'autre part l'érosion. Ce système s'ajuste aux variations du niveau de la mer sur le temps long. Cette adaptation a été formalisée par la loi de Bruun²³ en 1962 : les sédiments se répartissent pour être en accord avec un

nouvel état du niveau marin relatif. Ce modèle prend en compte la morphologie côtière, il est basé sur une formule empirique établie à partir de centaines de mesures. D'autres modèles existent, comme celui de submersion stricte, pour comprendre l'évolution du littoral, de l'échelle décennale à l'échelle séculaire. Mais ils peuvent être trompeurs, à la fois sur la restitution des traits de côte, mais aussi sur les causes de la variation du littoral, en maximisant l'effet du niveau marin au détriment des équilibres sédimentaires et des aménagements côtiers.

Si la loi de Bruun est inopportune pour calculer l'évolution future du littoral agathois²⁴, nous proposons toutefois de l'appliquer entre 1850 et nos jours, afin de mesurer le recul théorique du littoral en fonction du seul paramètre eustatique. Le résultat théorique obtenu pourra ensuite être comparé à la cartographie diachronique et permettra ainsi de mettre l'accent sur les autres facteurs d'évolution.

Selon la loi empirique de Bruun, le recul du rivage (x) peut être déterminé si l'on connaît (a) l'élévation marine, (b) la longueur du profil actif (c'est-à-dire la distance sur laquelle on perçoit des déplacements importants de sédiments) et (c) la hauteur du rivage²⁵. Ainsi avec une élévation du niveau marin (a) de 2,5 mm par an et une longueur de profil (b) de 1 400 mètres, une hauteur de profil émergé de 4 mètres et une profondeur de fermeture de 5 mètres²⁶ le recul (x) de la ligne de rivage peut être estimé à 38 cm/an [$x(4+5) = (1\,400)(0,0022)$] soit 38 mètres de recul entre 1850 et 1950. Si l'équation empirique de Bruun ainsi que les paramètres de ce calcul peuvent être discutés, ils mettent en lumière la proportion du recul du littoral entre 1850 et 1950 provoqué par la seule élévation du niveau marin, ce qui est sans commune mesure avec les 230 mètres mesurés à l'ouest de l'Hérault. D'autres facteurs semblent donc déterminants sur cette période.

Les autres facteurs d'évolution du littoral agathois

La connexion du littoral et de son bassin versant

En contexte de stabilité eustatique, la position d'un littoral meuble résulte d'un équilibre entre les apports sédimentaires et l'érosion. Les apports sédimentaires proviennent du bassin versant, et sont contrôlés par le climat, la couverture végétale et les interventions humaines (aménagement, artificialisation des sols, agriculture, etc.). Ces sédiments sont transportés jusqu'au littoral par les fleuves, et sont ensuite redistribués par la dérive littorale et l'action de la mer. Il en résulte que pour une portion de côte donnée, l'apport de sédiment confronté à son transport au large ou sur une autre partie du littoral forme le bilan sédimentaire.

Il est difficile de calculer ce bilan sédimentaire sur le temps long sur une partie du littoral. Les apports de sédiments à la côte dépendent des conditions d'écoulement des flux liquides et solides, des conditions climatiques (et notamment de l'importance des épisodes exceptionnels) et des conditions de surface dans le bassin versant. Les flux sédimentaires fluviaux sont prégnants dans le bilan sédimentaire littoral. En dehors des grands fleuves, ils ne sont que rarement mesurés ou pris en compte dans les plans de gestion.



Lorsqu'ils le sont, les flux de matière sont rapportés à l'érosion agricole dans le bassin versant ou au suivi des aménagements fluviaux. Ils ne sont que rarement mis en relation avec l'évolution du trait de côte et des milieux littoraux. Bien qu'appartenant à un même système liant un littoral à son bassin versant, la gestion des flux de sédiment s'opère par le biais d'organismes distincts. Les raisons sont multiples, mais nous pouvons évoquer le fait que les outils de gestion institutionnelle des bassins versants sont différents de ceux actifs sur les littoraux. Ces flux sédimentaires contribuent pourtant à leur construction ou à leur érosion en contexte de littoral meuble.

Les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) sont les outils principaux de gestion des processus physiques des bassins versants. Ce sont des documents de planification qui ont été institués par la loi sur l'eau de 1992 et qui ont évolué suite à la directive-cadre sur l'eau en 2000. Ils fixent pour six ans les orientations qui permettent d'atteindre les objectifs attendus en matière de « bon état des eaux ». Ils sont au nombre de 12, un pour chaque « bassin » de la France métropolitaine et d'outre-mer, l'Hérault faisant partie du SDAGE Rhône-Méditerranée. Le SDAGE 2016-2021 s'articule autour de 9 orientations fondamentales, dont une nouvelle, par rapport au SDAGE 2010-2015, pour s'adapter aux effets du changement climatique.

Ces orientations sont déclinées dans un programme de mesures²⁷ dont aucune ne traite directement du lien entre le transit sédimentaire des fleuves et l'érosion et le recul du littoral. Mais parmi les mesures concernant la régulation des effets du changement climatique, il en existe une, la « MIA0204 », qui vise à « restaurer l'équilibre sédimentaire et le profil en long d'un cours d'eau ». Cependant, plusieurs remarques doivent être formulées. En premier lieu, le profil en long est fortement conditionné par la variation du niveau de base : pour l'Hérault, ce niveau est le niveau marin relatif. Ensuite, l'objectif de cette mesure n'est pas de faciliter ou de restaurer le transport sédimentaire vers les côtes, mais de préserver l'écologie des milieux fluviaux ainsi que de limiter l'impact des crues. Enfin, la formulation même de l'intention de la mesure reste imprécise. Or, un équilibre sédimentaire ne peut se concevoir qu'en relation avec une morphologie, fluviale ou littorale, donnée, les lits fluviaux ou un trait de côte étant le résultat de ce bilan entre érosion et dépôts de sédiments, entre débits liquides et débits solides. Dès lors, la question de la définition de la morphologie antérieure aux perturbations des changements globaux, ou autrement dit, de la définition du bilan sédimentaire qui permettrait de « retrouver » un objectif morphologique précis, est primordiale. Elle l'est d'autant plus qu'elle illustre aussi l'importance fondamentale de la connaissance d'un littoral antérieur aux aménagements et à l'urbanisation toujours en cours.

La limite de cette période antérieure pourrait être fixée au début du XIX^e siècle, et déterminée de façon concomitante par l'augmentation des températures dues aux activités humaines²⁸ ; par l'accélération de l'élévation du niveau de la mer²⁹ ; par la construction des nombreux aménagements et barrages ; et enfin par les mutations de l'occupation des sols dues à l'exode rural et poursuivies par l'artificialisation des

bassins versants. Se pose alors la question de la morphologie « type » à atteindre. La cartographie régressive proposée ici pourrait apporter des éléments de réponse.

Les apports sédimentaires

La connaissance de la variation récente des flux de sédiment dans le bassin versant de l'Hérault est très insuffisante³⁰ et sa mesure précise sur le temps long est, de fait, particulièrement difficile à établir. Toutefois, les différents paramètres qui agissent sur ce bilan peuvent être examinés et les grandes tendances qui influent sur la morphologie et la dynamique du littoral depuis deux siècles être ainsi appréhendées. Dans un second temps, leur mise en regard avec la transformation des paysages littoraux permettra de jauger les différents facteurs responsables de celle-ci sur le temps long. Ces facteurs sont masqués par des observations à court terme qui apportent certes des informations précises, mais parfois déconnectées des tendances centennales. Il n'en reste pas moins que la trajectoire sur le temps long doit être prise en compte dans la gestion et l'aménagement du littoral.

Les apports de sédiments aux côtes peuvent se diviser en trois catégories : la charge de fond ou ballast (galets et graviers), les matières en suspension (limons et argiles) et les matières en solution. Leurs contributions sur les édifices sédimentaires littoraux sont différenciées, les particules les plus fines pouvant être emportées au large, tandis que le ballast sédimentaire pour être ensuite repris par la dérive littorale.

Variation de la charge de fond

La charge de fond est la catégorie de sédiments dont le transport est le plus difficilement quantifiable. Les mesures de terrain sont rares. Seuls Tricart et Vogt³¹ ont pu calculer très ponctuellement son déplacement dans le lit du fleuve. Ces auteurs ont trouvé une avancée moyenne des sédiments grossiers de 20 kilomètres par siècle dans des conditions optimales au sein du bassin versant. En considérant ce chiffre sans réserve, l'impact d'un barrage tel que le Salagou n'aura pas d'effets sur le littoral avant 250 ans. L'incision fluviale³² est caractéristique de la diminution des apports sédimentaires, tandis que l'augmentation de la charge sédimentaire force l'aggradation (Bravard et Petit, 1997). Sur le terrain, l'incision du fleuve est visible et mesurée à environ 5 mètres sur le terrain dans sa basse vallée en dessous de la plaine d'inondation, par exemple autour de Bessan³³. À la confluence Lergue-Hérault et dans le secteur d'Aniane ce sont 4 mètres d'incision récente qui ont été relevés. Cette dynamique peut donc être généralisée au bassin versant³⁴.

L'incision récente de l'Hérault montre par conséquent un changement contemporain du rapport entre les débits liquides et les débits solides du fleuve. Cette évolution s'effectue aujourd'hui au détriment des apports solides. La réalisation des barrages, des seuils (barrages submersibles de petite taille) et l'extraction de granulats pourraient en être les causes principales. En effet, avec 25 000 000 mètres cubes de ballast extrait et 800 000 mètres cubes stockés dans les seuils, ce sont les apports de plus de 5 000 ans de charriage qui sont prélevés ou immobilisés artificiellement³⁵.

Les divers aménagements du lit, la déprise agricole et le reboisement³⁶ limitant les ruissellements sont d'autres fac-



teurs importants qui renforcent la tendance à l'incision dans les basses vallées. Loin d'être cantonnée à l'Hérault, cette situation se retrouve dans de nombreux fleuves et rivières méditerranéens³⁷.

Pour la charge de fond, et, selon des données disponibles, la tendance est à une diminution très importante de ces apports solides du fleuve au littoral. Celle-ci ne peut que s'accroître sur le temps long. Cependant, en l'absence de suivi de la retenue sédimentaire des barrages (mis à part les volumes mesurés par l'exploitation industrielle des granulats), il est encore très difficile de quantifier la variation des apports de ballast au littoral depuis environ un siècle.

Évolution des apports de matières en suspension et en saltation

Le transit des matières en suspension et en saltation au sein du bassin versant peut être quantifié grâce à la mesure des débits liquides et à l'évaluation de leur charge en sédiments. Les données sont ici plus nombreuses et plus fiables. De plus, et malgré des biais importants, l'évolution des débits reflète en bonne partie celle du transport de ces matières. Le régime hydrologique de l'Hérault depuis un siècle est affecté par deux phénomènes : la modification du climat et les aménagements hydrauliques.

L'évolution des crues de l'Hérault est intimement liée à celle du climat de la Méditerranée occidentale³⁸. Depuis le XIX^e siècle, elle est marquée par la fin du Petit Âge glaciaire³⁹. Le nombre et l'intensité des crues sont ainsi en très forte diminution à la fin du XVIII^e siècle et au XIX^e siècle. Dans le même temps la déprise agricole sur les versants du fleuve ainsi qu'un climat plus clément entraînent la diminution des apports solides et la rétraction des lits fluviaux des affluents de l'Hérault⁴⁰.

Artificialisation des flux hydro-sédimentaires et du trait de côte

En parallèle de l'évolution des facteurs morphogènes du climat, l'action de l'homme a conduit à un changement profond des conditions d'écoulement dans le bassin versant de l'Hérault. Plusieurs aménagements sur le fleuve ont eu pour effet de diminuer et d'artificialiser les flux hydro-sédimentaires. C'est le cas des barrages à vocation agricole, domestique ou électrique.

Le barrage hydro-électrique de la Meuse est construit dès 1860 à Gignac, bloquant tout ou partie de la charge de fond de l'Hérault à cette hauteur. En 1924, le barrage hydro-électrique du moulin de Bertrand est bâti, son effet de filtre sur les sédiments est important, et son impact sur la morphologie fluviale et la diminution des débits solides est avéré.

Pour le barrage du Salagou, édifié entre 1964 et 1968, la retenue d'eau est évaluée à 102 000 000 mètres cubes sur

700 hectares. Le prélèvement est de 400 000 mètres cubes par an⁴¹. Le barrage des Olivettes est construit en 1988 sur la Peyne, un autre affluent de rive droite de l'Hérault, le prélèvement y est aussi d'environ 400 000 mètres cubes par an. Ces deux derniers bloquent la quasi-totalité de la charge de fond et des matières en suspension et en saltation.

En plus de réduire les débits solides et liquides, les seuils, les retenues et les barrages écrètent les crues. Leur action sur le fleuve et le littoral est des plus importantes d'autant qu'ils mobilisent des quantités importantes de sédiments à la granularité fine et grossière. Enfin, ces aménagements entraînent une rupture de la continuité sédimentaire de l'amont à l'aval.

Depuis les années 1960, dans la partie aval de la plaine de l'Hérault, jusqu'à Agde environ, le trait de côte est presque complètement artificialisé par des épis, des digues et des brise-lames. Leurs actions transforment localement la morphologie côtière en créant de multiples plages de poches et tombolos. À l'échelle régionale, les enrochements massifs modifient la dérive littorale et les pentes des avant-plages.

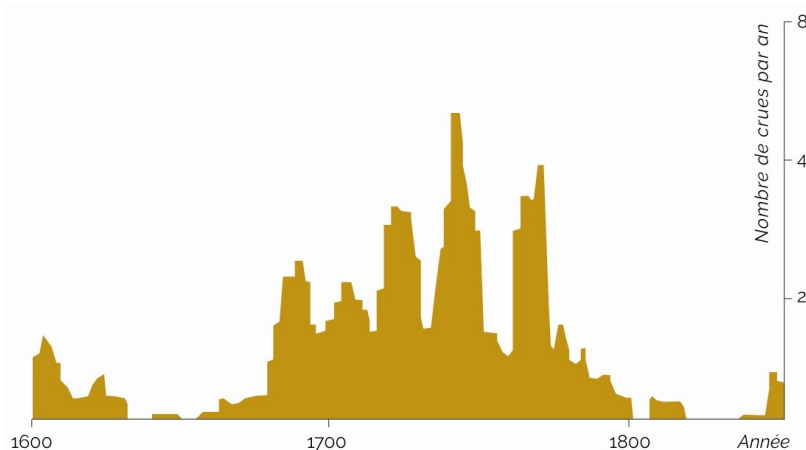


Fig. 4. Évolution de l'occurrence des inondations en Languedoc (Blanchemanche 2009). © DEGEAI et al. 2017.

Ces aménagements de protection ne peuvent pallier le déficit sédimentaire structurel qui reste perceptible à l'échelle de la cellule sédimentaire⁴².

Tempêtes et surcote marine

En dehors de l'augmentation régulière du niveau marin, l'action de la mer sur le littoral s'effectue par la fréquence et l'intensité des tempêtes et des surcotes marines. Ces phénomènes en lien avec l'oscillation nord-atlantique (NAO⁴³) ont beaucoup varié durant la période de temps considérée dans ce travail (XVIII^e-XXI^e siècle)

Le fait le plus remarquable concerne la fin du Petit Âge glaciaire, période fraîche de péjoration climatique qui débute au XIV^e siècle et qui se termine au XIX^e siècle. Cette période est caractérisée par une forte activité tempestologique⁴⁴. Dans le détail, une période de calme relatif est reconnue avant le XVII^e siècle contrairement à la fin du Petit Âge Glaciaire (XIX^e siècle) beaucoup plus actif du point de vue des tempêtes : de moindre intensité avant le XVII^e siècle, elle atteint son pic au XIX^e siècle. Des « super-tempêtes » datées de

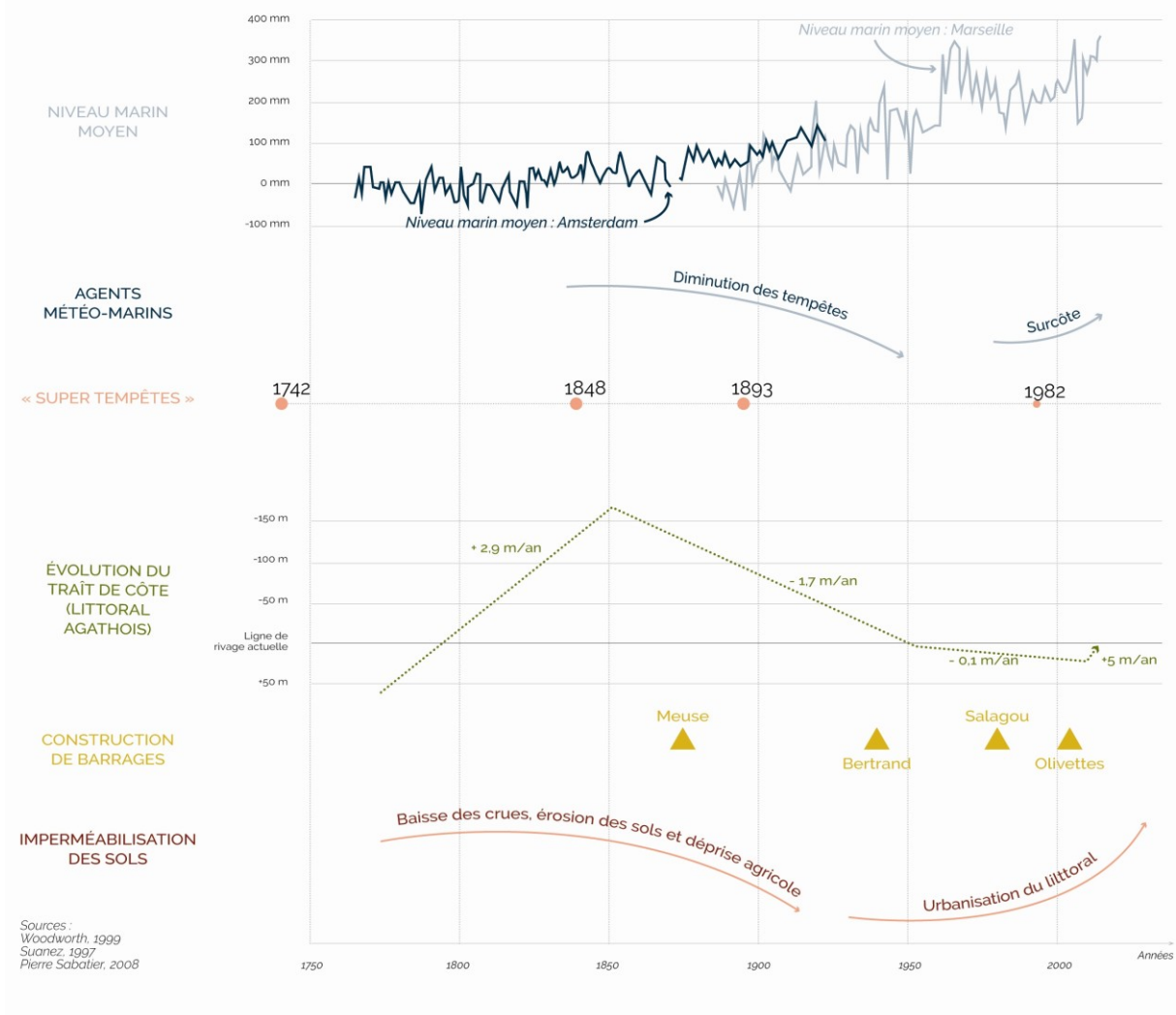


Fig. 5. Chronologie de l'évolution du littoral de l'Hérault. © Benoît DEVILLERS.

1742, 1848 et 1893 seraient les plus importantes des tempêtes connues dans le golfe du Lion depuis 1 500 ans⁴⁵. Il est important de remarquer que dans le contexte climato-anthropique du Petit Âge Glaciaire, les tempêtes ne sont pas associées à une tendance au recul du littoral.

Durant la seconde moitié du XIX^e siècle et le début du XX^e, la fréquence des tempêtes et des inondations baisse fortement⁴⁶. L'évolution climatique récente entraîne une augmentation de l'occurrence et de l'ampleur des surcotes⁴⁷ (elles dépassent couramment 40 cm). Ceci est dû à l'augmentation relative des situations climatiques en provenance du sud-est⁴⁸. Ces facteurs liés à la perturbation des flux sédimentaires ont pour conséquence de faire reculer le trait de côte dans tous les secteurs, parfois sur une distance de plus de 400 mètres en 50 ans. En effet, associées aux fortes crues chargées de particules solides, les tempêtes redistribuent les sédiments, créant barres et avant-barres sur la côte. L'action des tempêtes, privées de ces sédiments, change donc de nature et l'érosion est largement favorisée. Et l'évolution récente du trait de côte dépend désormais des aménagements édifiés pour lutter contre l'érosion, lesquels impactent fortement la capacité érosive des tempêtes. Ainsi

le rôle des surcotes marines et des tempêtes a-t-il pu s'inverser dans un contexte de pénurie des apports sédimentaires et de retenue artificielle des sédiments entre les épis et les brise-lames.

Conclusion

Les tendances climatiques et particulièrement les bornes du Petit Âge glaciaire ont un impact important sur l'évolution des paysages littoraux. Ainsi l'histoire des tempêtes et des crues de l'Hérault peut-elle être mise en rapport étroit avec les grands changements géomorphologiques. Le trait de côte moyen est situé en arrière du rivage actuel au XVIII^e siècle durant une phase climatique plutôt clémente c'est-à-dire ici avec relativement peu de tempêtes et de crues importantes. L'augmentation des inondations et des tempêtes constatées au XIX^e siècle correspond à une avancée importante du trait de côte sur plus de 200 mètres en moyenne et sur plus de 700 mètres dans certains secteurs. Durant cette période, un épais cordon littoral s'est créé sous la forme d'une plage sableuse en avant d'un vaste espace dunaire. Ces transformations constituent un capital sédimentaire,



paysager et un « patrimoine géomorphologique » qui peut s'éroder et disparaître en fonction des conditions environnementales et des aménagements anthropiques.

L'explication, souvent mise en avant par les médias et les décideurs, d'un recul de la côte lié à la seule élévation du niveau marin (ainsi que les modèles de submersion simples qui en découlent) présente plusieurs inconvénients. Le premier est de privilégier un facteur unique au détriment des autres et, comme peut le montrer une étude transdisciplinaire sur le temps long, de sous-estimer l'ampleur des phénomènes en jeu. L'étude à l'échelle centennale révèle que la variation des flux sédimentaires dans le bassin versant en raison des fluctuations climatiques et de l'artificialisation des cours d'eau constitue un facteur plus marquant depuis le XIX^e siècle. La prolifération des ouvrages de « protection » lourds est aussi un fait prégnant de cette dynamique. La compartimentation de la gestion d'un même géosystème entre le littoral et son bassin versant pourrait constituer un frein à la compréhension des phénomènes et à l'adoption de mesures efficaces. Actuellement, les réponses techniques apportées pour réduire le recul du trait de côte prennent en compte essentiellement les mécanismes physiques opérants sur les plages (action immédiate des vagues et vent) et l'augmentation du niveau marin relatif en relation avec les changements climatiques comme facteurs de la métamorphose des littoraux.

Le deuxième inconvénient est d'oblitérer l'épaisseur historique des paysages littoraux. Leur évolution est considérée sous le prisme de phénomènes actuels ou futurs, sans que les notions d'héritage ou de métamorphose soient prises en compte. Cette vision à court terme favorise les réponses sur cette même échelle de temps. Cependant il est aujourd'hui indéniable que le recul du littoral depuis le XX^e siècle s'inscrit dans une dynamique sur le temps long de rééquilibrage des côtes face aux nouveaux paramètres climato-anthropiques postérieurs au Petit Âge glaciaire. Le recul du littoral est causé par l'érosion des stocks sédimentaires formés auparavant. L'urbanisation des côtes surtout depuis le

milieu du XX^e siècle s'est effectuée dans cette dynamique centennale de raréfaction des apports sédimentaires.

Ainsi les littoraux, ceux du Languedoc tout du moins, peuvent-ils être considérés comme un patrimoine géomorphologique en cours de transformation, d'érosion, voire en danger. Cette dimension doit être incluse dans les orientations stratégiques de gestion du trait de côte et d'aménagement du littoral. Par exemple, à ce jour, aucune solution technique n'a pu être apportée contre l'érosion de ce patrimoine géomorphologique n'impliquant pas le rechargement sédimentaire des plages. Or, ce rechargement pallié de façon plus ou moins efficace, en fonction des autres mesures parallèlement mises en place, l'érosion due à l'adaptation du littoral aux nouveaux paradigmes climato-anthropiques. Enfin, l'explication exogène du recul littoral par le seul niveau marin a également l'inconvénient de masquer le rôle des choix d'aménagement opérés à l'échelle nationale et à l'échelle locale sur l'évolution des territoires et de leur environnement.

Les visions incomplètes voire stéréotypées en lien notamment avec les changements climatiques globaux contribuent à la méconnaissance du fonctionnement des milieux et des territoires littoraux. La compréhension des processus naturels et sociétaux qui ont conduit à la création du littoral tel qu'il est observable est désormais un enjeu important. Celle-ci permet de mieux sensibiliser la population et les décideurs aux changements futurs liés au risque de submersion, à l'érosion du littoral et au colmatage des lagunes. Il existe des initiatives prises en matière d'éducation à l'environnement, pour favoriser une meilleure perception des phénomènes affectant le littoral par ses habitants et ses usagers. D'autres actions sont prises, telles la démarche du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), ou l'application participative Rivages⁴⁹ : elles sont à encourager, surtout lorsqu'elles sont le point de rencontre entre chercheurs et aménageurs.



BIBLIOGRAPHIE

AMBERT Martine, AMBERT Paul, LUGAND Marc, « Le littoral des départements de l'Aude et de l'Hérault, Atlas des changements des lignes de rivage au cours des 2000 dernières années », *Archéologie en Languedoc*, n°17, 1993, p. 126-134.

BLANCHEMANCHE Philippe, « Crues historiques et vendanges en Languedoc méditerranéen oriental : la source, le signal et l'interprétation », *Archéologie du Midi Médiéval*, n°27, 2009, p. 225-235.

BOURGOUIN Jeune, DUPAIN-TRIEL Jean-Louis, DHEULLAND Guillaume, CASSINI DE THURY César-François, *Carte de Cassini, Feuille 58 Narbonne*. Carte générale de la France. C.-F. Cassini, 1777.

BRAVARD Jean-Paul, « L'incision des lits fluviaux : du phénomène morphodynamique naturel et réversible aux impacts irréversibles », *Géocarrefour*, n°69, 1994, p. 5-10.

BRAVARD Jean-Paul, « Les réponses des systèmes fluviaux à une réduction des flux d'eau et de sédiments sous l'effet du reboisement en montagne », *La Houille Blanche*, 2002, p. 68-71.

BRUNEL Cédric, *Évolution séculaire de l'avant côte de la Méditerranée française, impact de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes*, Département de Géographie. Université de Provence, Aix en Provence, 2010, 470 p.

BRUNEL Cédric, SABATIER François, « Potential influence of sea-level rise in controlling shoreline position on the French Mediterranean Coast », *Geomorphology*, n°107, 2009, p. 47-57.

BRUN Per, « Sea-level rise as a cause of shore erosion. Proceedings of the American Society of Civil Engineers », *Journal of the Waterways and Harbors*, 1962, p. 117-130.





CEREMA, *Rivages*, 2016. <https://www.cerema.fr/fr/innovation-recherche/innovations/rivages-application-gratuite-participer-surveillance-du.>

CERTAIN Raphaël, *Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : le Golfe du Lion (Languedoc-Roussillon)*, Thèse de doctorat en Océanologie, géologie et sédimentologie, Université de Perpignan, 2002, 233 p.

CHURCH John A., CLARK Peter U., CAZENAVE Anny, GREGORY Johnathan M., JEVREJEVA Svetlana, LEVERMANN Anders, MERRIFIELD Mark A., MILNE G. A., NEREM R. S., NUNN P. D., PAYNE A. J., PFEFFER W. T., STAMMER D., UNNIKRISHNAN A. S., « Sea Level Change^o », in Thomas. F. STOCKER *et al.* (editors). *Climate Change 2013^o: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Cambridge and New York, Cambridge University Press, 2013, p. 1137-1216.

DEGEAI Jean-Philippe et DEVILLERS Benoît, *Histoire du climat et histoire de Rome, les tempêtes antiques en Méditerranée*, 2016, Dossiers d'Archéologie, Quetigny.

DEGEAI Jean-Philippe, DEVILLERS Benoît, BLANCHEMANCHE Philippe, DEZILEAU Laurent, OUESLATI Hamza, TILLIER Margaux et BOHBOT Hervé, « Fluvial response to the last holocene rapid climate change in the Northwestern Mediterranean coastland^o », *Global and Planetary Change*, n°152, 2017, p. 176-186.

DEGEAI Jean-Philippe, DEVILLERS Benoît, DEZILEAU Laurent, OUESLATI Hamza et BONY Guénaëlle, « Major storm periods and climate forcing in the Western Mediterranean during the Late Holocene^o », *Quaternary Science Reviews*, n° 129, 2015, p. 37-56.

DEVILLERS Benoît, BONY Guénaëlle, DEGEAI Jean-Philippe, GASCO Jean, LACHENAL Thibault, BRUNETON Héléne, YUNG Florian, OUESLATI Hamza et AURELLE Thierry, « Holocene coastal environmental changes and human occupation of the lower Hérault River, southern France^o », *Quaternary Science Reviews*, 222, (soumis en 2019), 27 p.

DEVILLERS Benoît et PROVANSAL Mireille, « La morphogénèse d'un géosystème cultivé depuis le Néolithique récent : les petits bassins versants de la moyenne vallée de l'Hérault », *Géomorphologie*, 2003, p. 83-98.

DEZILEAU Laurent, SABATIER Pierre, BLANCHEMANCHE Philippe, JOLY Bruno, SWINGEDOUW Didier, CASSOU C., CASTAINGS Jérôme, MARTINEZ P., GRAFENSTEIN Ulrich Von, « Intense storm activity during the Little Ice Age on the French Mediterranean coast^o », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, n°299, 2011, p. 289-297.

DIRECTION Départementale des Territoires et de la Mer, Hérault (DDTM34) (a). *Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Béziers. Submersion Marine*. Directive Inondation. Préfecture de l'Hérault, Béziers, 2013, 11 p.

DIRECTION Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM34) (b). *Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Béziers. Débordement des cours d'eau Orb - Hérault - Libron*, Directive Inondation. Préfecture de l'Hérault, Béziers, 2013, 13 p.



DREAL Languedoc-Roussillon, *Base de données, Banque Hydro. Ministère de l'écologie*, <http://hydro.eaufrance.fr/> editor. Hydro, Paris., consulté en 2019.

DURAND Nicolas, BERNÉ Serge, BOYER Julie, CARBONNEL Pierre, CHOPPIN Lorraine, GENSOU Bernard, GUENOC Paul, LABAUNE Caroline, LENÔTRE Nicole, SATRA Catherine, TESSON Michel, *Évaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion. Phase A : inventaire des données existantes pour le Golfe du Lion*. Rapport final. BRGM/RP-52777-FR, 2004, 138 p., 32 fig., 8 annexes.

DURAND Pierre, « Érosion et protection du littoral de Valras-Plage (Languedoc, France) / Un exemple de déstabilisation anthropique d'un système sableux », *Géomorphologie, relief, processus, environnement*, n°7, 2001, p. 55-68.

DURAND Pierre et HEURTEFEUX Hugues, « 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 für Geomorphologie*, n°50, 2006, p. 221-244.

DYNAMIQUE-HYDRO, « Étude du transport solide du fleuve Hérault, Schéma d'orientation. Syndicat Mixte du bassin du Fleuve Hérault », Clermont-l'Hérault, R L R Agence de l'Eau éditeur, 2012, 26 p.

FENSTER, M., DOLAN, R., ELDER, J., « A New method for predicting shoreline positions from historical data », *Journal of Coastal Research*, n° 9 -1, 1993, p. 147-171.

GARIPUY François, *Carte du Canal Royal de Capestang à l'Étang de Thau*, 4^e partie. B. Durtertre, 1774.

GEORGE Pierre, VERGER François, *Dictionnaire de la Géographie*, Paris, PUF, 1996, 502 p.

GEST'EAU, *Schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin du fleuve Hérault. Diagnostique*. SAGE. Syndicat Mixte du Bassin du Fleuve Hérault, Clermont l'Hérault, 2005, 75 p.

JEVREJEVA S., MORRE J. C., GRINSTED A., WOODWORTH P. L., « Recent global sea level acceleration started over 200 years ago?^o », *Geophysical Research Letters*, n° 35, 2008, p. 1-4.

LEPART J., DERVIEUX A., DEBUSSCHE M., « Photographie diachronique et changement des paysages : Un siècle de dynamique naturelle de la forêt à Saint-Bauzille-de-Putois, vallée de l'Hérault », *Forêt Méditerranéenne*, n°17, 1996, p. 63-80.

MEUR-FÉREC C., MOREL V., « L'érosion sur la frange côtière : un exemple de gestion des risques », *Natures Sciences Sociétés*, n°12, 2004, p. 263-273.

PACHAURI R. K., REISINGER A., *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Rapport de Synthèse. GIEC, Genève, GIEC, editor. 2007, 114 p.

PASKOFF Roland, 1993. *Côte en danger*, Paris, Masson, 1993

PETELET-GIRAUD, E., CUBIZOLLES J., FOUCHER J.-C., BRACH M., *Bilan des exportations de matières en suspen-*

sion du bassin versant de l'Hérault à la Méditerranée. Orléans, Rapport BRGM/RP-53983-FR, 2005, p. 32 BRGM.

SABATIER F., STIVE M., PONS F., « Longshore variation of depth of closure on a micro-tidal wave-dominated coast », in J. M. SMITH (ed), *Coastal Engineering 2004: Proceedings of the 29th International Conference on Coastal Engineering*. Lisbon, ASCE Press, 2004, p. 2327-2339.

SABATIER Pierre, DEZILEAU Laurent, CONDOMINES M., BRIQUEU Louis, COLIN C., BOUCHETTE Fr, DUFF M. L., BLANCHEMANCHE Ph, « Reconstruction of paleostorm events in a coastal lagoon, (Hérault, South of France) », *Marine Geology*, n° 251, 2008, p. 224-232.

SAMAT Olivier, *Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales*, Thèse Université d'Aix-Marseille 1, Aix en Provence, 2007, 370 p.

SUANEZ Serge, *Dynamiques sédimentaires actuelles et récentes de la frange littorale orientale du delta du Rhône*, Thèse de doctorat en Géomorphologie. Université d'Aix-Marseille I, Aix en Provence, 1997, 308 p.

TINGLE A., 2018. *Flood map* <http://flood.firetree.net/embed.php?w=1200&h=700&ll=46.227638%2C2.213749000000007&zoom=5&m=13>

TRICART Jean, VOGT H., « Quelques aspects du transport des alluvions grossières et du façonnement des lits fluviaux ». *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, n°49, 1967, p. 351-366.

ULLMANN Albin, PIRAZZOLI Paolo-Antonio et MORON Vincent, « Sea surges around the Gulf of Lion and atmospheric conditions », *Global and Planetary Change*, n°63, 2008, p. 203-214.

VACCHI Matteo, MARRINER Nick, MORHANGE Christophe, SPADA Giorgio, FONTANA Alessandro, ROVERE Alessio, « Multiproxy assessment of Holocene relative sea-level changes in the western Mediterranean: Sea-level variability and improvements in the definition of the isostatic signal », *Earth-Science Reviews*, n°155, 2016, p. 172-187.

WOODWORTH Phil, « High waters at Liverpool since 1768: the UK's longest Sea Level record », *Geophysical Research Letters*, n° 26, 1999, p. 1589-1592.

ZERBINI U., RAICICH F., PRATI C. M., BRUNI S., CONTE S. D., ERRICO M., SANTI E., « Sea-level change in the Northern Mediterranean Sea from long-period tide gauge time series », *Earth-Science Reviews* n°167, 2017, p. 72-87.

NOTES

1. PASKOFF 1993.
2. AMBERT, AMBERT, LUGAND, 1993 ; CERTAIN, 2002, p. 209 ; DURAND *et alii*, 2004.
3. DEVILLERS, *et alii*, 2019.
4. GEST'EAU, 2005 ; DIRECTION (B) 2013.
5. DIRECTION (A) 2013.
6. FENSTER *et alii*, 1993 ; SUANEZ, 1997.
7. DEGEAI *et alii*, 2017 ; DEGEAI *et alii*, 2015.
8. MEUR-FÉREC, MOREL, 2004.
9. LEPART *et alii*, 1996.
10. GEORGE, VERGER, 1996.
11. DREAL. L'Hérault est à différencier des cours d'eau alpins (Rhône, Var) et pyrénéens (le Tech par exemple) qui se jettent en Méditerranée.
12. CERTAIN, 2002
13. GARIPUY, 1774.
14. BOURGOIN *et alii*, 1777.
15. DEVILLERS *et alii*, (2019).
16. *Ibid.*
17. DURAND, 2001.
18. VACCHI *et alii*, 2016.
19. WOODWORTH 1999 ; JEVREJEVA *et alii*, 2008 ; ZERBINI *et alii*, 2017.
20. BRUNEL *et SABATIER*, 2009.
21. CHURCH *et alii*, 2013
22. Voir par exemple TINGLE 2006 : <http://flood.firetree.net>
23. BRUUN, 1962.
24. DURAND, HEURTEFEUX, 2006.
25. BRUNEL, 2010.
26. SABATIER F. *et alii*, 2004.
27. Voir : <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/sdage2016/docs-officiels.php>. (Ne fonctionne pas !)
28. PACHAURI *et REISINGER*, 2007.
29. JEVREJA *et alii*, 2008
30. GEST'EAU, 2005
31. TRICART, VOGT, 1967.
32. C'est-à-dire le creusement du lit.
33. DEVILLERS *et alii*, (2019).
34. DYNAMIQUE-HYDRO, 2012.
35. *Ibid.*
36. BRAVARD, 2002.
37. BRAVARD, 1994.
38. BLANCHEMANCHE, 2009.
39. BLANCHEMANCHE, 2009 ; DEGEAI *et alii*, 2017
40. DEVILLERS, PROVANSAL, 2003.
41. Le débit moyen de la rivière Salagou avant la construction de l'ouvrage était d'un mètre cube par seconde, soit 30 000 000 de mètres cubes par an.
42. SAMAT, 2007.
43. L'oscillation nord-atlantique désigne un phénomène touchant le système climatique du nord de l'océan Atlantique.
44. DEGEAI *et alii*, 2015
45. DEZILEAU *et alii*, 2011
46. SABATIER P *et alii*, 2008
47. ULLMANN *et alii*, 2008 ; SUANEZ, 1997 ; SABATIER *et al.*, 2008.
48. ULLMANN *et alii*, 2008
49. CEREMA : www.cerema.fr ; Rivages : <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/>

Occitanie, un littoral en mouvement

Coordonné par Alexandre BRUN, Dominique GANIBENC et Llewella MALÉFANT

Sommaire

| | |
|---|------------|
| Christian GUIRAUD, Éditorial..... | 1 |
| Alexandre BRUN, Dominique GANIBENC, Llewella MALÉFANT, Introduction..... | 5 |
| 1^{re} PARTIE – GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET HISTOIRE..... | 7 |
| Tony REY et Stéphanie DEFOSSEZ, Dynamiques et évolutions du littoral languedocien..... | 9 |
| Benoît DEVILLERS, Le littoral agathois, un patrimoine géomorphologique en danger, | 21 |
| Stéphane DURAND, Deux siècles de façonnement du littoral (XVII ^e -XVIII ^e siècles)..... | 33 |
| Dominique GANIBENC, La mémoire d'un paysage disparu. Récits de voyage et peintures sur le littoral héraultais au XIX ^e siècle..... | 43 |
| Dominique GANIBENC, Les stations balnéaires dans l'Hérault au XIX ^e siècle..... | 53 |
| 2^e PARTIE – AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET TOURISME..... | 63 |
| Alexandre BRUN, Dominique GANIBENC, Llewella MALÉFANT, De la Mission Racine au plan Littoral 21, l'aménagement touristique du Golfe du Lion..... | 65 |
| Jean-Paul VOLLE, La baie d'Aigues-Mortes vue de Montpellier. Si loin, si proche | 79 |
| Daniel ANDERSCH, Alexandre BRUN, Pas de tourisme sans plages..... | 87 |
| 3^e PARTIE – ENVIRONNEMENT ET RISQUES | 99 |
| Alexandre BRUN, Matthieu DELABIE, Le Conservatoire du Littoral : naissance et stratégie en Occitanie | 101 |
| Stéphane GHIOTTI, Derrière la plage, les étangs | 113 |
| Sylvain BARONE, Laura MICHEL, Risques littoraux et planification territoriale en Occitanie | 127 |
| Rutger DE WIT, Quelle nature pour demain sur nos littoraux méditerranéens ? | 139 |
| NOTICES BIOGRAPHIQUES | 149 |
| Contribution réflexive du comité de rédaction de la revue <i>Études héraultaises</i> Une boussole des possibles..... | 153 |

Conception et réalisation de la première de couverture : Llewella MALÉFANT

Photographie de la couverture : **Port principal de Cap d'Agde**, Renaud DUPUY DE LA GRANDRIVE (2021).

Directeur de la publication

Christian GUIRAUD

Coordinateur de la rédaction

Guy LAURANS

Comité de rédaction

Alain ALQUIER
Rémi AZÉMAR
Michel-Édouard BELLET
Sandra CLOZIER
Julien DUVAUX
Jean-Claude FORET
Raymond LOPEZ
Christian ROCHE
Jean SAGNES
Jean-Paul VOLLE

Revue fondée en 1970

par Les Amis de Pézenas,
éditée par l'Association

Études sur l'Hérault,
avec le concours du Département

Édition :

Association Études sur l'Hérault
Président d'honneur : Jean NOUGARET (†)
Président : Christian GUIRAUD

Siège :

Boîte postale :
Études sur l'Hérault
Maison départementale des Sports
66, place Égalité
34080 Montpellier

Raymond LOPEZ
Études Héraultaises

Impression

ROLL'INDOC
63, route de Béziers
34430 Saint-Jean-de-Védas

Site internet

<https://www.etudesheraultaises.fr>

Webmaster

Raymond LOPEZ
etudesheraultaises@gmail.com



Prix : 25,00€ TTC



16214609