



HAL
open science

Dynamique des côtes sableuses et phénomènes d'auto-organisation

Déborah Idier, Jérôme Thiébot

► **To cite this version:**

Déborah Idier, Jérôme Thiébot. Dynamique des côtes sableuses et phénomènes d'auto-organisation. Géosciences, 2013, 17, pp.36-45. hal-01062224

HAL Id: hal-01062224

<https://brgm.hal.science/hal-01062224v1>

Submitted on 9 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Méandres fluviaux sur les continents, dunes de sable sur le plateau continental, barres en croissant et baïnes en domaine littoral sont les exemples les plus visibles des figures sédimentaires dites périodiques. Le long des plages, la dynamique de ces figures résulte d'interactions entre l'hydrodynamique, le transport de sédiments et l'évolution morphologique. La connaissance de ces phénomènes permet de comprendre les courants côtiers (en termes de sécurité de la baignade, par exemple) et de prévoir les tendances d'évolution des littoraux.

Ondulation du trait de côte plurikilométrique, probablement dû à un phénomène d'auto-organisation, Namibie.

Plurikilometric coastline undulations, probably due to a phenomenon of self-organization, Namibia.

Source : Stephan Messner (www.skyimages.de)
« Lange Wand » dunes & ocean (Google Earth).

Dynamique des côtes sableuses et phénomènes d'auto-organisation



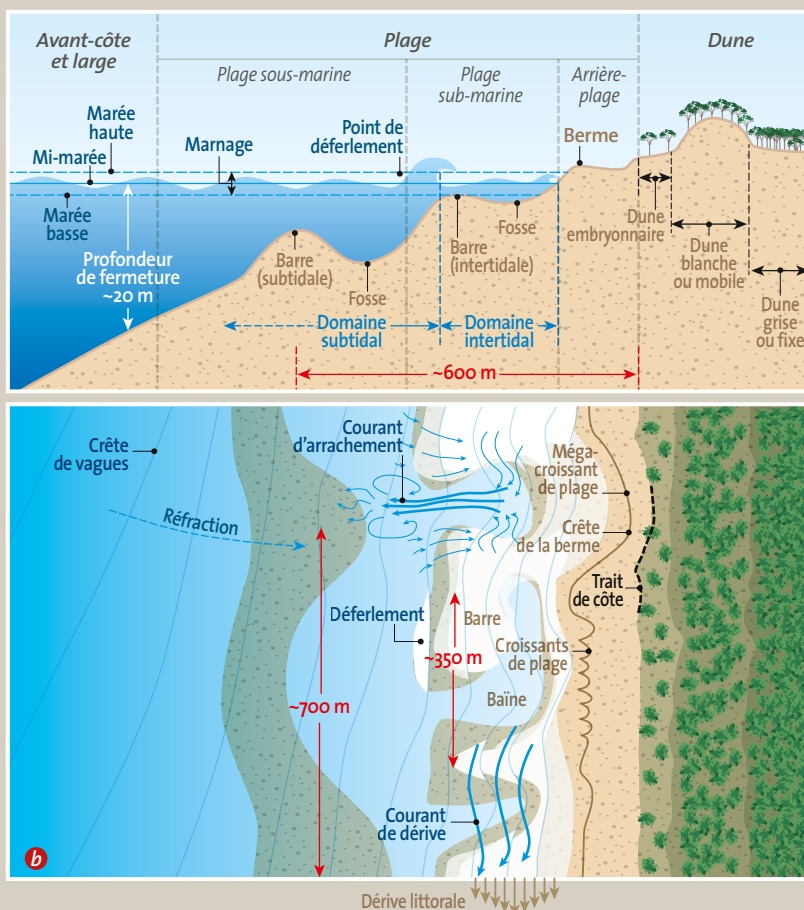
Déborah Idier

HDR, DOCTEUR, INGÉNIEUR,
RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME
« DYNAMIQUE CÔTIÈRE ET RISQUES LITTORAUX »
BRGM, DIRECTION DES RISQUES ET DE LA PRÉVENTION
UNITÉ RISQUES CÔTIERS ET CHANGEMENT CLIMATIQUE
d.idier@brgm.fr

Jérôme Thiébot

DOCTEUR, INGÉNIEUR, MAÎTRE DE CONFÉRENCES
UNIVERSITÉ DE CAEN BASSE-NORMANDIE,
LUSAC EA 4253, CHERBOURG
jerome.thiebot@unicaen.fr

Les plages représentent 45 % du littoral métropolitain. Elles sont le plus souvent de nature sableuse et certaines d'entre elles constituent une protection contre les submersions marines. À ce titre, elles font l'objet d'une attention particulière (systèmes de suivi et d'alerte, techniques limitant leur érosion, voir encadrés). Il existe différents types de morphologies façonnées par les courants et les vagues (ex : *plages linéaires* - fig. 1 et 5 ; *tombolo* - photo p. 42), mais aussi par l'homme. De nombreuses plages présentent des structures morphologiques similaires à des bancs de sables dans les zones toujours submergées, mais aussi dans les zones de battement des marées. Ces structures sont appelées des barres, respectivement subtidales et intertidales. Ces morphologies côtières jouent un rôle primordial dans la capacité d'un littoral à résister aux aléas côtiers que sont l'érosion et la submersion marine. En cas de tempête, ces barres favorisent le déferlement des vagues, réduisant ainsi leur énergie (et donc leur potentiel érosif) avant qu'elles n'atteignent le littoral. La figure 1 illustre les différents compartiments de la plage, ainsi que les principaux processus hydrosédimentaires et les morphologies de plage (zone émergée et immergée) que l'on peut trouver sur des littoraux exposés aux vagues, comme ceux de la côte Aquitaine ou du Languedoc-Roussillon. Ce type de côte, fortement exposé aux vagues, se caractérise par des barres plus ou moins parallèles à la côte, le long desquelles des figures rythmiques apparaissent par temps calme.



Morphologie sableuse : barres, bâches et baïnes

On parle de barres en croissant ou de système de barres-baïnes pour la barre interne (barre la plus proche de la côte pour un système à double barre, comme celui illustré en *figure 1 a*). Les baïnes, bien connues des surfeurs, sont des bassines de sable que l'on voit plutôt à marée basse quand elles sont découvertes. Elles sont le siège de courants vers le large d'une force contre laquelle les nageurs ne peuvent pas lutter (plus de mille noyades par an dans le monde). La compréhension des phénomènes à l'origine de ces baïnes permet de mieux anticiper les risques pour les nageurs. Des systèmes permettant de prévoir la formation et l'évolution de ces morphologies ont vu le jour récemment, par exemple aux Pays-Bas (<http://cosmos.deltares.nl>). Ces systèmes de prévision s'appuient sur l'utilisation conjointe de systèmes vidéos et de modèles numériques (*encadré Y. Balouin, R. Belon*) simulant les principaux phénomènes contrôlant la dynamique des plages.

▲ **Fig. 1 : (a) Plage du Truc Vert (côte Aquitaine) : exemple de plage à double barre.** Les « bassines d'eau » indiquent la présence de baïnes et des forts courants associés. On peut noter la régularité spatiale de ces structures. Plus au large, les zones d'écumes indiquent la présence de barres en croissant, marquées elles aussi par une certaine périodicité spatiale. (b) Différents compartiments du domaine littoral, processus hydrosédimentaires et corps sédimentaires observés le long des plages sableuses naturelles dominées par l'action de la houle en présence de la marée. Le profil de plage peut présenter une ou plusieurs barre(s). Les ordres de grandeur indiqués augmentent généralement avec l'énergie des vagues à laquelle la plage est exposée.

Fig. 1: (a) Truc Vert beach (Aquitanian coast): an example of a double-bar system. The « water basins » indicate the presence of « baïnes » and the strong associated currents. The rhythmicity of these structures is perceptible. Further offshore, the foam areas indicate the presence of crescentic bars, also displaying a degree of spatial rhythmicity. (b) Various nearshore-area compartments, hydro-sedimentary processes and sedimentary patterns generally observed along natural wave-dominated sandy beaches, in tidal environments. The beach profile can present one or more bar(s). The magnitude orders indicated increase generally with wave climate energy to which the beach is subject.

(a) © Larroudé, 2001
(b) By courtesy of B. Castelle (B. Castelle, 2012).

“ Des systèmes permettant de prévoir la formation et l'évolution des baïnes ont vu le jour récemment. ”

De manière générale, la dynamique des plages est contrôlée par l'interaction entre les vagues, les courants, le transport de sédiments (sables, galets...) et le fond. Sous certaines conditions, des structures périodiques peuvent se former. Typiquement, la présence d'irrégularités sur le fond (par exemple des rides, un creux ou une bosse de sable) modifie l'hydrodynamique (vagues, courants et niveaux d'eau) et donc le transport sédimentaire, qui modifie à son tour la morphologie du fond en favorisant, dans certaines conditions, le développement de formes bathymétriques régulières par un phénomène d'auto-organisation. Les baïnes, les bancs et dunes de sable du plateau continental, les barres littorales en forme de croissant, les systèmes de barres-bâches (encadré O. Bain, P. Barrier) et certaines ondulations du trait de côte (photo p. 36) résultent de ce type de phénomène. Si on prend l'exemple de l'évolution du trait de côte, en fonction du déphasage spatial entre les flux de sédiments longshore (aussi appelée dérive littorale) et les oscillations du trait de côte, la rétroaction entre l'hydrodynamique et le trait de côte peut être négative (figure 2, haut : amortissement des oscillations du trait de côte par érosion des caps et dépôt dans les baies) ou positive (figure 2, bas : amplification des oscillations du trait de côte par érosion des baies et dépôt sur les caps).

► PRÉVISION DES IMPACTS DES TEMPÊTES :

Yann Balouin – BRGM – y.balouin@brgm.fr
Rémi Belon – BRGM – r.belon@brgm.fr

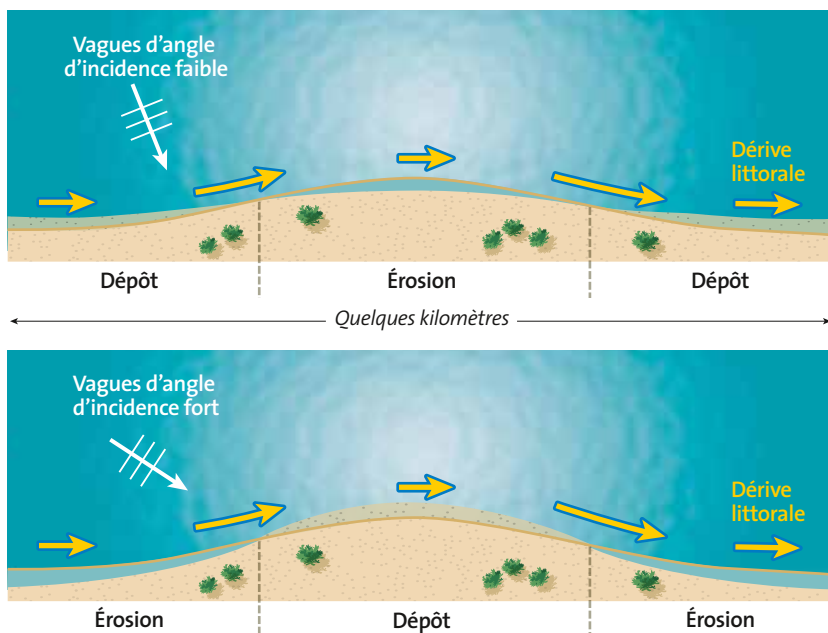
Ces dernières années, les événements hydrométéorologiques extrêmes en zone côtière ont souligné les effets dévastateurs que peuvent entraîner les aléas côtiers (érosion et submersion) et mis en évidence la nécessité de pouvoir anticiper les phénomènes météo-marins et leurs impacts. Dans ce contexte, l'objectif principal du projet européen MICORE (*Morphological Impacts and COastal Risks induced by Extreme storm events*, www.micore.eu) était, dans les neuf pays participants, de mettre en place et de tester un démonstrateur de système d'alerte en ligne pour la prévision des impacts morphologiques dus aux tempêtes marines.

Le prototype de système d'alerte repose sur une structure commune aux différents littoraux étudiés comprenant cinq modules : un module d'observation effectuant des mesures régulières *in situ* (figure 1), un module de prévision, un module d'aide à la décision, un module d'alerte et un module de visualisation. Le prototype développé sur le littoral du Lido de Sète exécute quotidiennement ces différents modules (figure 2).

Afin d'appréhender l'évolution du littoral et de suivre l'efficacité des techniques de défense expérimentées, un système vidéo numérique ARGUS a été déployé à proximité de la plage au printemps 2011 afin d'observer en continu la plage et l'avant-côte. L'analyse des images, après ortho-rectification, permet de suivre des paramètres physiques tels que l'évolution de la position du trait de côte et des barres d'avant-côte, l'évolution de la largeur de plage, les caractéristiques du jet de rive (nappe d'eau se propageant sur la plage après le déferlement) et de la houle (direction, période) et l'extension des zones submergées lors des surcotes marines.

Les mesures ont notamment permis de mettre en évidence des évolutions très rapides des barres d'avant-côte lors des tempêtes (migration latérale de plusieurs centaines de mètres en quelques heures), inobservées jusqu'alors.

Le module de prévision à trois jours est constitué d'une chaîne de modèles numériques permettant, à partir des prévisions opérationnelles météo-océanographiques disponibles, de calculer les conditions à la côte. On détermine ainsi la propagation de l'hydrodynamique à la côte et les évolutions morphologiques attendues sur la plage en utilisant le modèle open-source X-Beach qui a été préalablement validé sur le site du Lido de Sète. Les paramètres physiques issus du modèle X-Beach sont traduits en SII (*Storm Impact Indicators*), indicateurs dérivés qui permettent la prise de décision par les gestionnaires du littoral. Ainsi, l'évaluation trois jours à l'avance des niveaux d'eau qui seront atteints sur la plage lors d'une tempête alimentée, par exemple, l'indicateur Sécurité Côtière. La valeur de cet indicateur est comparée à des seuils prédéfinis permettant de mettre en œuvre des actions de protection civile en cas de surcote de tempête. ■



▲ Fig. 2 : Schéma de principe de l'évolution du trait de côte induite par la dérive littorale (flux de sédiments parallèle à la côte) lorsque les vagues au large viennent avec un angle d'incidence à la côte faible (haut) ou fort (bas). Adapté de Coco and Murray (2007).

Fig. 2: A diagram of coastline evolution induced by littoral drift (longshore sediment transport) for low (top) and high (bottom) wave incidence angle. Adapted from Coco and Murray (2007).

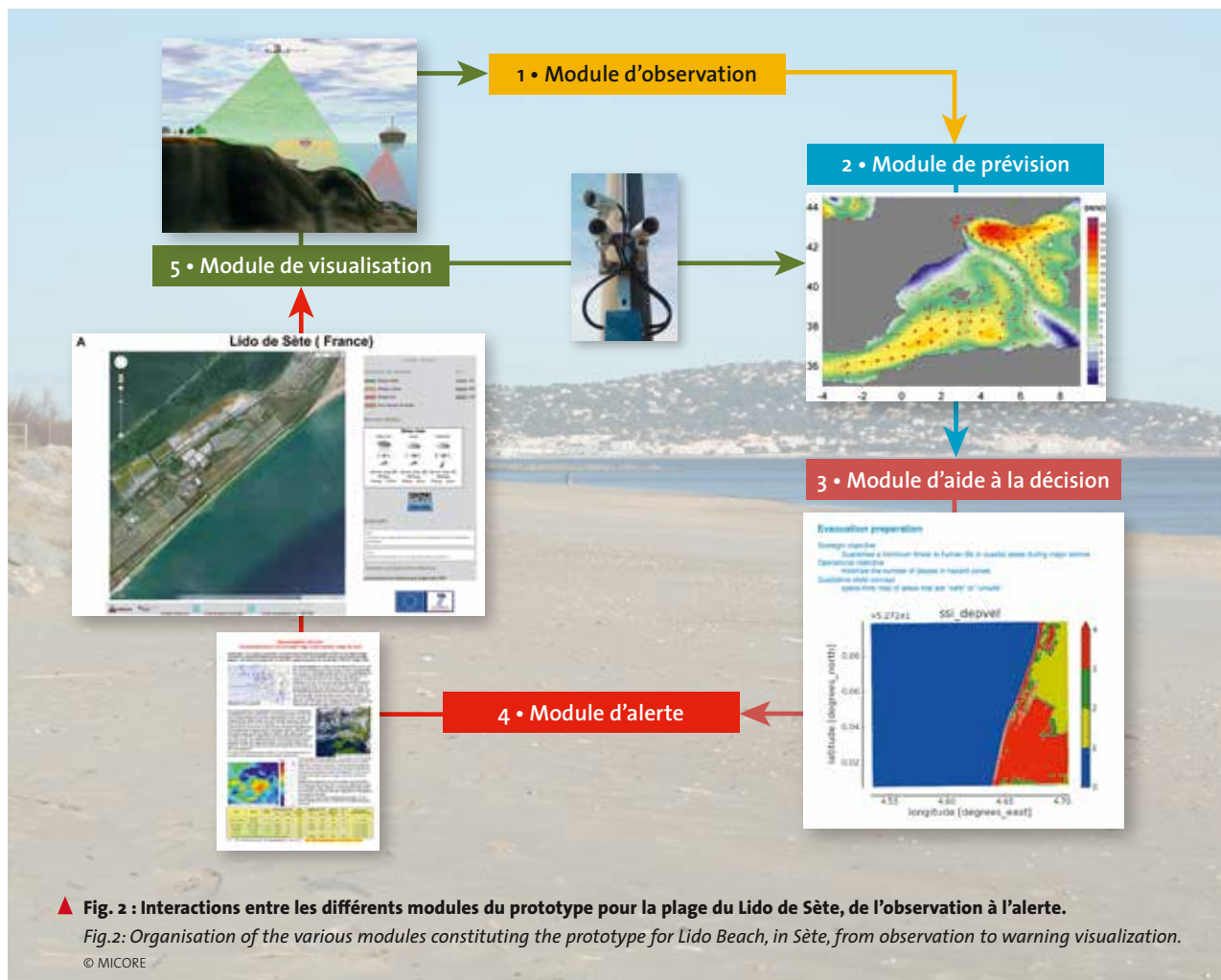


L'EXEMPLE DU LIDO DE SÈTE



▲ Fig. 1 : Suivi vidéo du Lido de Sète (France) : caméras d'observation (à gauche) et traitement par photogrammétrie des images obliques instantanées et moyennées sur 10 minutes pour obtenir une image en plan de la plage du Lido (à droite).

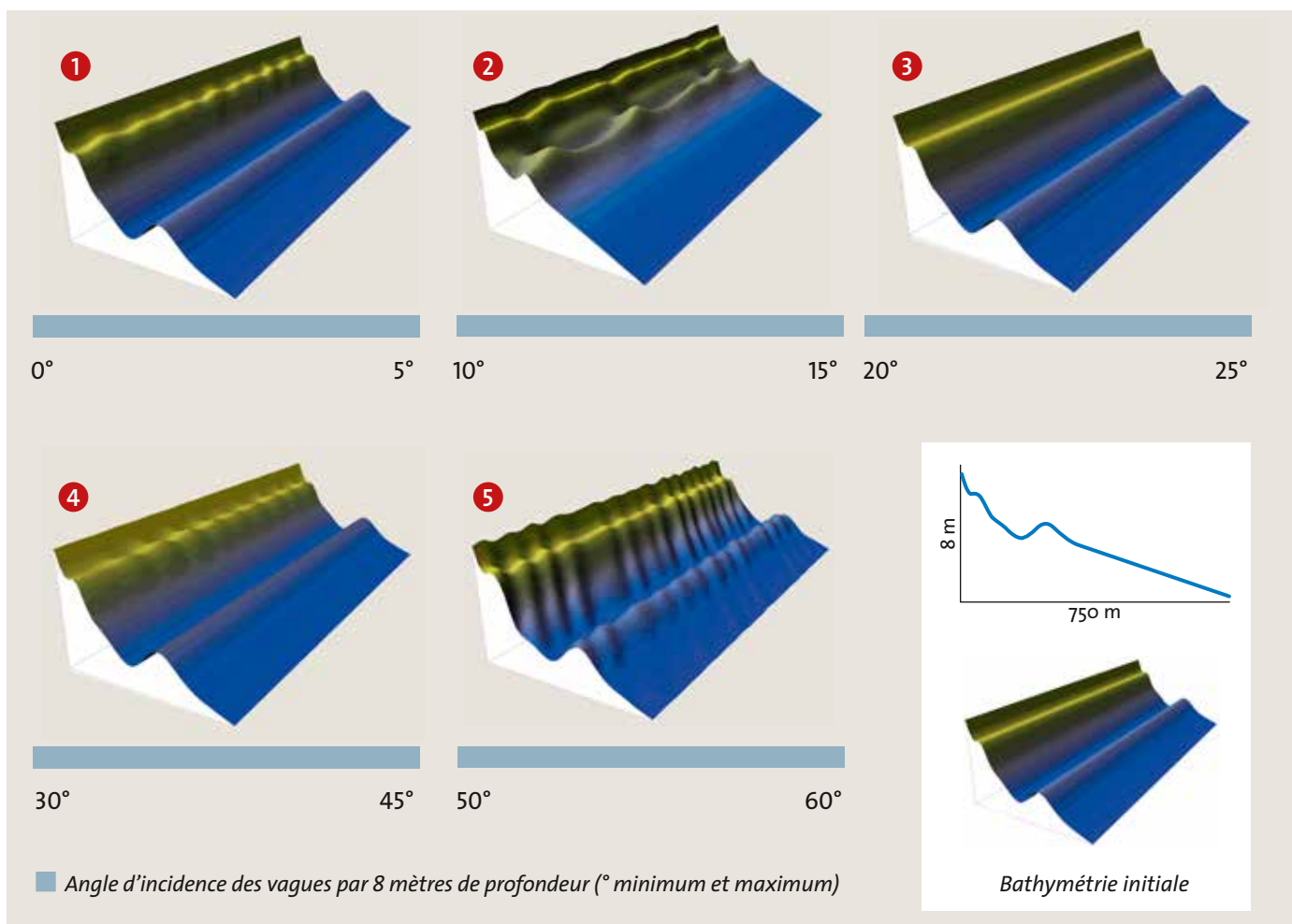
Fig. 1: Video monitoring of the Lido of Sète (France): video cameras (left) and image processing to combine and rectify snapshots and 10 min averaged images resulting in a plan view of the beach (right).
© BRGM, Thau Agglo



▲ Fig. 2 : Interactions entre les différents modules du prototype pour la plage du Lido de Sète, de l'observation à l'alerte.

Fig.2: Organisation of the various modules constituting the prototype for Lido Beach, in Sète, from observation to warning visualization.

© MICORE



L'étude de la formation de ces structures et des mécanismes à l'origine de leur apparition constitue un sujet de recherche en soi. Le suivi continu de ces structures permet de mieux comprendre leur dynamique (encadré Y. Balouin, R. Belon). Depuis une décennie, la modélisation est l'approche privilégiée pour étudier les processus à l'origine de ces phénomènes. Cet article présente des résultats de modélisation obtenus dans le cadre du projet VULSACO (<http://vulsaco.brgm.fr>) financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR) en collaboration avec l'université polytechnique de Catalogne (A. Falguès, R. Garnier) et l'université d'Utrecht (G. Ruessink). Ils portent d'une part sur la dynamique de la plage immergée, d'autre part sur le trait de côte.

Rôle de la direction des vagues dans la morphologie des plages

La morphologie des plages est principalement contrôlée par les caractéristiques des vagues et de la marée (courants et niveau d'eau). La côte Aquitaine et les côtes

méditerranéennes sont des milieux soumis à des marnages modérés (inférieurs à 6 mètres), où l'action des vagues est prépondérante dans la morphologie et l'évolution des plages. Ce sont des plages qui comportent souvent deux barres sableuses parallèles à la côte. Ce type de système possède une dynamique complexe encore mal comprise. Les travaux de Thiébot *et al.* (2012) portant sur la génération des structures rythmiques (barres-baines, barres en croissant) pour des plages à double barre montrent que la morphologie des plages dépend fortement de la direction des vagues.

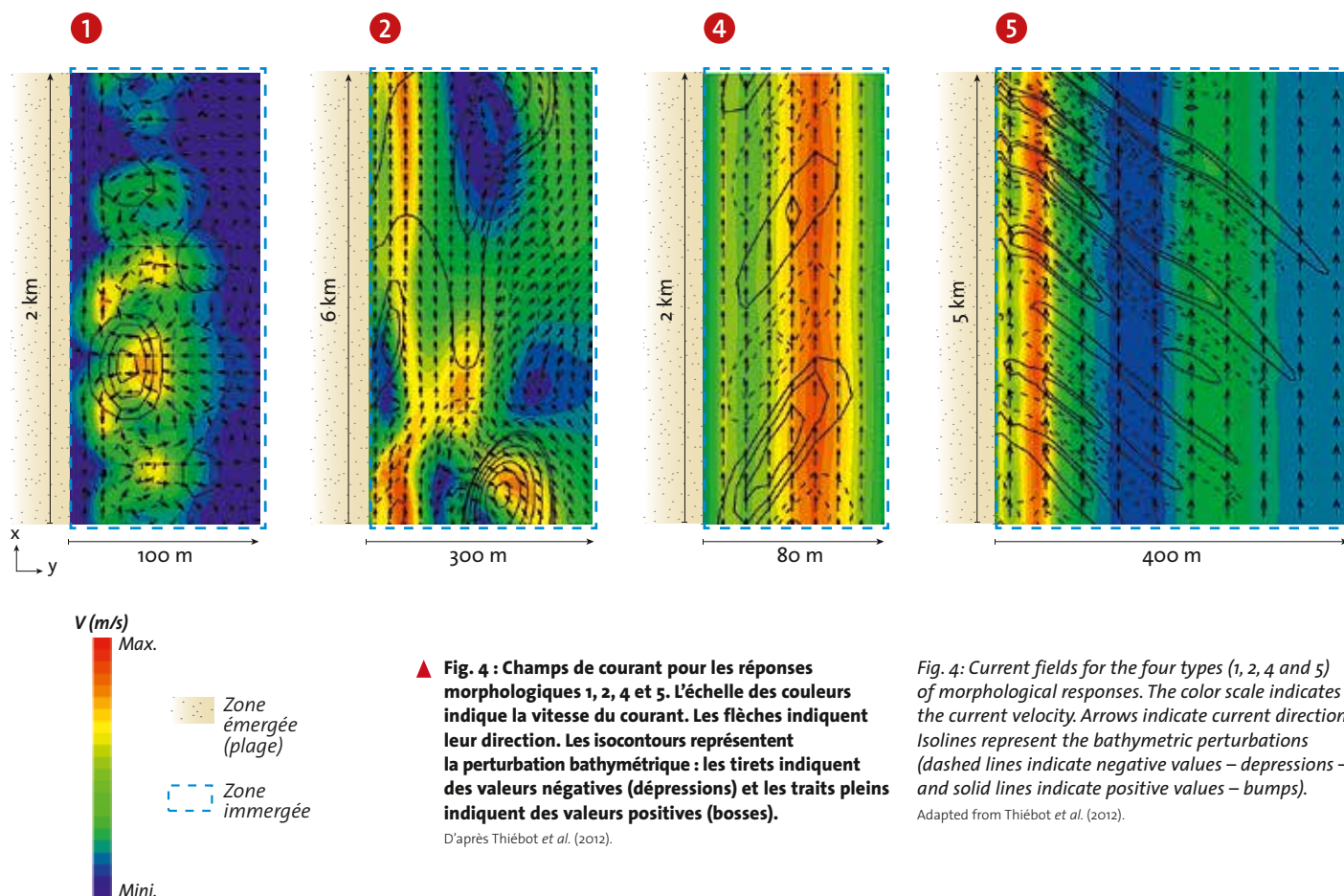
“ Outre la sédimentologie, la morphologie des plages est principalement contrôlée par les caractéristiques des vagues et de la marée. ”

▲ **Fig. 3 : Exemple de modes linéairement les plus amplifiés en fonction de l'incidence des vagues. Un angle d'incidence de 0° correspond à des vagues dont la direction est normale à la côte.**

D'après Thiébot *et al.* (2012).

Fig. 3: Example of linearly most amplified modes versus wave incidence angle. An angle of 0° corresponds to waves having a direction perpendicular to the coast.

Adapted from Thiébot *et al.* (2012).



▲ **Fig. 4 : Champs de courant pour les réponses morphologiques 1, 2, 4 et 5.** L'échelle des couleurs indique la vitesse du courant. Les flèches indiquent leur direction. Les isocontours représentent la perturbation bathymétrique : les tirets indiquent des valeurs négatives (dépressions) et les traits pleins indiquent des valeurs positives (bosses).

D'après Thiébot et al. (2012).

Fig. 4: Current fields for the four types (1, 2, 4 and 5) of morphological responses. The color scale indicates the current velocity. Arrows indicate current direction. Isolines represent the bathymetric perturbations (dashed lines indicate negative values – depressions – and solid lines indicate positive values – bumps).

Adapted from Thiébot et al. (2012).

Ce travail s'appuie sur un modèle morphodynamique calculant l'évolution du fond sous l'action des vagues et de leur déferlement. Cette étude montre l'existence de cinq types de réponses morphodynamiques distinctes en fonction de l'angle d'incidence des vagues (figure 3) : les incidences faibles favorisent l'apparition de barres en croissant sur la barre externe et de barres-bâines sur la barre interne (instabilités de type 1 et 2 sur la figure 3), les incidences fortes favorisent l'apparition de barres transverses (instabilités de type 4 et 5 sur la figure 3). Le système est stable pour les incidences moyennes. La figure 4 illustre les champs de courants associés à plusieurs types de réponses morphologiques. Le courant de baine est bien visible sur la figure 4-1 (x = 50 mètres et y = 1 900 ou 2 020 mètres).

Modélisation de la dynamique du trait de côte

En haut de plage, au niveau de la ligne d'eau ou du trait de côte, on peut observer des oscillations périodiques du trait de côte (figure 5) qui semblent



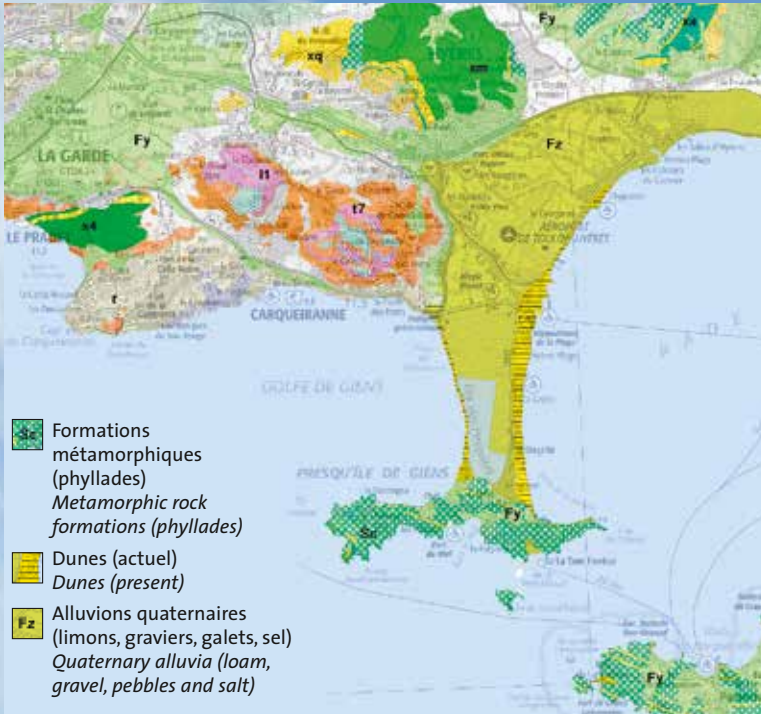
▲ **Fig. 5 : Exemple d'oscillation du trait de côte (shoreline sand waves), Namibie.**

Fig. 5: Example of shoreline sand waves, Namibia.

Image GoogleEarth. By courtesy of A. Falqués.

Le double tombolo de la presqu'île de Giens, commune de Hyères (Département du Var).

The double tombolo on the Giens peninsula, Hyères township (Var Department).



© Google Earth

▲ **Extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50 000.**
Excerpt from the harmonized geological map at 1:50,000.
<http://infoterre.brgm.fr> – © BRGM, IGN.

▼ **Vue aérienne de la presqu'île de Giens et de son double tombolo (deux flèches sableuses édifiées par les courants marins délimitant une zone humide partiellement transformée en salines).**

Aerial view of the Giens peninsula showing its double tombolo (two sandy spits built by the coastal currents bounding a humid zone partially converted into saltworks).

© Communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée – O. Pastor



Devenez vous-même. En mieux.

Formation continue sur mesure : géologie, géophysique, géotechnie, minéralogie, risques naturels et industriels, hydrogéologie, pédologie, géochimie, cartographie, géomorphologie, management d'équipe, management de projet...



Contact : agnes.sylvano@lasalle-beauvais.fr - 03 44 06 76 05 - N° d'agrément organisme de formation continue : 22600012460
Références : ArcelorMittal, Semofi, INRA, Saint Louis Sucre, CER France, Résolia...

LaSalle★
Beauvais • Institut Polytechnique

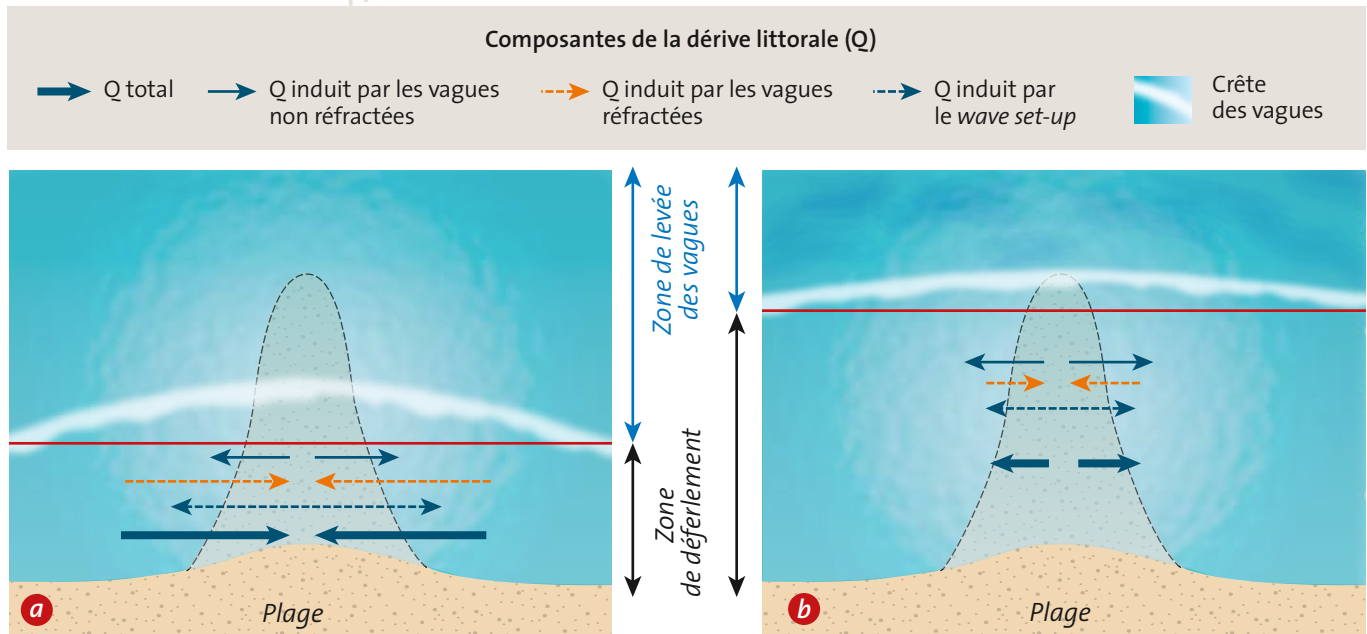
www.lasalle-beauvais.fr

indépendantes des figures périodiques bathymétriques générées dans la zone de déferlement. Ces figures résultent aussi d'une rétroaction positive et sont donc parfois appelées instabilités auto-organisées du trait de côte, ou *shoreline sand waves* [Falquès and Calvete (2005)]. Ces instabilités ont généralement des longueurs d'onde de plusieurs kilomètres (*figure 5*). Les travaux réalisés par Ashton *et al.* (2001) et Falquès and Calvete (2005) montrent que ces *shoreline sand waves* résultent d'un phénomène d'auto-organisation entre les flux de sédiments *longshore* (dérive littorale) et le trait de côte, et ce uniquement pour des vagues ayant un angle d'incidence suffisamment grand ($> 42^\circ$ à 45°) (*figure 3*). Ces instabilités sont appelées HAWI (*High Angle Wave Instabilities*).

Afin d'analyser plus en détail ces figures d'auto-organisation, nous utilisons un modèle d'évolution du trait de côte basé sur la méthode dite d'analyse de stabilité linéaire [Falquès and Calvete (2005)]. De manière succincte, le modèle s'appuie sur le concept « one-line » reliant les évolutions du trait de côte aux variations spatiales longitudinales (parallèles à la côte) des flux de sédiments *longshore* (*figure 2*, bas).

Jusqu'à présent, les modèles n'avaient permis de reproduire des instabilités du trait de côte que pour de fortes incidences de vagues ($> 42^\circ$ à 45° au large). En les appliquant à des sites comme le Truc Vert (côte Aquitaine), nous avons mis en évidence l'existence d'instabilités pour des vagues de faible angle d'incidence par rapport à la côte. Les mécanismes à l'origine de ce nouveau type d'instabilités, appelées LAWI (*Low Angle Wave Instabilities*), sont analysés dans Idier *et al.* (2011b). On montre que cette instabilité du trait de côte résulte de la contribution de différents

“ Nous avons mis en évidence l'existence d'instabilités du trait de côte pour des vagues de faible angle d'incidence par rapport à la côte. ”



▲ Fig. 6 : Schéma des mécanismes physiques à l'origine de l'instabilité du trait de côte, sous l'effet de vagues de faible angle d'incidence. Sont indiquées les composantes du transport de sédiments pour une perturbation initiale (trait de côte et extension sous-marine) pour des cas instables (a) et stables (b), correspondant respectivement à des zones de déferlements étroites ou larges.

Adapté de Idier *et al.* (2011).

Fig. 6: Sketch of physical mechanisms responsible for shoreline instabilities induced by waves of low incidence angle. Sediment transport components induced by the initial perturbation (shoreline and cross-shore shoal extension) are depicted for (a) unstable and (b) stable situations corresponding to a narrow and wide surf zone, respectively.

Adapted from Idier *et al.* (2011).

phénomènes (figure 6) : réfraction bathymétrique des vagues dans la zone de *shoaling* (zone de levée de vagues, à l'approche du littoral), dispersion de l'énergie des vagues et *wave set-up* (surélévation stationnaire du plan d'eau due au déferlement des vagues). Lorsque le transport de sédiments induit par la réfraction des vagues dans la zone de *shoaling* est dominant, les instabilités se développent. La figure 6 montre deux cas de figure : pour l'un, la zone de déferlement (zone de surf) est étroite (c'est par exemple le cas pour les plages ayant de fortes pentes) ; pour l'autre, la zone de déferlement est plus étendue. Dans le premier cas, les vagues se propagent sur une zone suffisamment grande pour « sentir » le fond et être assez réfractées pour engendrer une convergence importante des flux de sédiments vers le cap. Dans ce cas, les flux totaux convergent vers le cap et ce dernier se développe vers le large (accrétion). Dans le deuxième cas, les flux de sédiment engendrés par la réfraction des vagues sont trop faibles, les flux totaux de sédiments divergent du cap, ce dernier est érodé et l'oscillation du trait de côte disparaît.

Conclusion

L'observation de l'évolution du littoral par des techniques appropriées reste indispensable pour alimenter et valider les approches numériques. Les projections des climats de vagues le long de la côte aquitaine à échéance 2060-2100 [Charles *et al.* (2012)] indiquent une rotation horaire de la direction des vagues : elles viendraient davantage du nord et, certaines saisons, seraient moins hautes. Quelles vont alors être les conséquences en termes de morphologie des plages ? Les barres d'avant-plage vont-elles changer de forme ? La dérive littorale va-t-elle augmenter ou diminuer ? Quelles vont être les conséquences en termes d'évolution du trait de côte ? Comment la remontée du niveau marin va-t-elle affecter ces évolutions ? Les recherches à venir (et en cours au BRGM) devraient permettre de répondre à ces questions. ■



The dynamics of sandy coasts and self-organization phenomena

Beaches account for 45% of the coastline of mainland France, most of these being sandy. They serve to protect the coast from erosion and flooding events. For this reason, they deserve particular attention entailing the development of monitoring systems (e.g. video), early warning systems and technical engineering solutions to reduce their erosion. A key to achieving this is to understand their dynamics, so as better to anticipate their morphological responses to natural phenomena and/or anthropogenic factors. Processes involved in beach dynamics are controlled by the interaction between waves, sediment transport and topo-bathymetry. Under some hydro-sedimentary conditions, periodic structures can develop along beaches as a result of a self-organization process: a topo-bathymetric perturbation altering the hydrodynamics in such a way that these, in turn, actually amplify the initial topo-bathymetric perturbation, thereby producing a snowball effect. Such a scenario is termed positive feedback. Crescentic bars, ridge and runnel systems and shoreline sandwaves are examples of periodic patterns arising from beach self-organization. Over the past decade, numerical modeling has become widely used to investigate the processes controlling the formation of each of these patterns. This paper presents recent modeling results focusing on double bar systems and shoreline sandwaves as well as examples of practical application of survey and early warning systems. Finally, an example of a drain technique aimed at limiting beach erosion is presented.

► LE LITTORAL DU MARQUENTERRE : UNE PLAGE SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Olivier Bain, Pascal Barrier – Département géosciences, LaSalle Beauvais
olivier.bain@lasalle-beauvais.fr – pascal.barrier@lasalle-beauvais.fr

Avec ses 60 km de côtes, la Picardie est un véritable petit laboratoire d'étude en matière de littoral. La côte y est, du sud au nord, successivement rocheuse, à galets, envasée et sableuse : c'est un fait exceptionnel en si peu d'espace ! Plusieurs secteurs de ce trait de côte subissent une érosion active. C'est le cas de la côte sableuse de Quend, dans le Marquenterre, surveillée en continu depuis six ans par l'Institut polytechnique LaSalle Beauvais, en collaboration avec le Syndicat Mixte Baie de Somme - Grand Littoral Picard et le GEMEL¹. Depuis 2008, des leviers topographiques et un suivi géométrique des barres et des bâches permettent d'enregistrer, deux fois par an, l'évolution de la plage et du trait de côte. L'architecture des corps sédimentaires et l'évolution granulométrique du sédiment sont également suivies à l'aide de mesures géophysiques (profils radars, électriques et sismiques) et d'analyses sédimentologiques en laboratoire.

Cette auscultation du littoral est motivée par la mise en place à Quend, en 2008, d'un système de drainage de plage (système « Ecoplage »)² qui nécessite de suivre

l'évolution de la portion de plage traitée pour en valider l'efficacité. Ce système a permis, en six ans d'exploitation et sur un linéaire sableux de 1 200 mètres, d'obtenir une stabilisation de la plage en modifiant sa morphologie par engraissement du pied de dune (26 000 m³) et du haut estran (35 000 m³) et par érosion du moyen (-47 000 m³) et bas estran (-12 500 m³). Les barres et les bâches se sont aussi réorientées, selon une rotation antihoraire de 3 à 4°.

Des leviers topographiques plus étendus ont conduit à définir les limites d'extension maximale de l'érosion et de l'accrétion, ce qui a permis de tracer un profil d'équilibre théorique autour duquel évolue le profil de plage.

L'acquisition de données géoréférencées dans les années à venir permettra d'alimenter la base de données du Réseau d'observation du littoral normand et picard (ROLNP)³. L'objectif est à terme de mieux comprendre la dynamique sédimentaire de cette zone fortement anthropisée, d'en définir les stocks sédimentaires, leurs mobilités et d'en modéliser le fonctionnement en intégrant les différents facteurs de forçage, naturels et humains. ■

1 – Groupe d'étude des milieux estuariens et littoraux de Normandie, <http://gemel.association.free.fr/accueil/>
2 – www.ecoplage.fr

3 – www.rolnp.fr/rolnp/ ; www.conservatoire-du-littoral.fr

Bouche de sortie des eaux du système de drainage de la plage de Quend, littoral du Marquenterre, Picardie.

Water discharge outlet for the Quend beach drainage system (Marquenterre shore, Picardie).

© LaSalle-Beauvais

