

HISTOIRE ET DEVENIR DE LA PLUS GRANDE FLÈCHE LITTORALE DE BRETAGNE : LE SILLON DE TALBERT

Bernard FICHAUT, Pierre STEPHAN & Serge SUANEZ

CNRS, Université de Bretagne Occidentale, UMR LETG 6554, Institut Universitaire Européen de la Mer, rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané, France. Tel : 02.98.49.86.17

Résumé. Le Sillon de Talbert long de 3,2 kilomètres, constituant la plus grande flèche de galets de Bretagne, s'est mis en place à la fin de la dernière transgression post-glaciaire, il y a environ 6 000 ans par accumulation des cailloutis balayés sur le plateau continental. Cette flèche, comme toutes les autres, est sans cesse remaniée par les vagues. Lorsqu'elles sont obliques, elles génèrent de la dérive littorale qui tend à allonger l'édifice. En cas de tempête, si la flèche est submergée par les déferlements, elle recule. Ce fonctionnement naturel a été perturbé aux cours des siècles passés par des prélèvements répétés de galets qui ont amoindri le stock sédimentaire. À partir du milieu du XX^e siècle, dans le but de protéger les terrains récemment urbanisés en bord de mer, la racine du sillon a été durcifiée par divers enrochements qui ont abouti à figer sa racine mais à fragiliser le reste de l'édifice. Le suivi topo-morphologique mis en place depuis 2002 montre en effet que sur le sillon, privé d'apports sédimentaires nouveaux, la dérive littorale tend à exporter les sédiments de la flèche vers son extrémité et à l'amincir progressivement. On dit que la flèche se cannibalise. À la fin de l'hiver 2018, une brèche s'est ouverte immédiatement en aval dérive des ouvrages de protection. Depuis, elle ne cesse de s'agrandir et laisse présager l'étalement et la destruction du sillon au cours des années à venir.

Mots-clés. Flèche de galets, érosion, dérive littorale, submersion, impacts anthropiques, suivi morphologique.

Introduction

Situé à l'entrée occidentale de la baie de Saint Brieuc, le Sillon de Talbert, long d'environ 3,2 kilomètres et d'un volume de 1 230 000 m³, est la plus grande flèche de galets de Bretagne [fig. 1]. Les flèches littorales sont des plages non adossées, c'est-à-dire situées en avant du littoral continental dont elles sont le plus souvent séparées par une lagune ou, comme dans le cas du Talbert, par une baie ouverte vers l'est. Les flèches sont reliées à la côte par une de leur extrémités alors que l'autre est libre et s'avance en mer. Les cordons, autre type de plage non adossée, sont quant à eux reliés au continent ou à des îles par leurs deux extrémités.

Mise en place du Sillon de Talbert

Il convient d'expliquer la genèse du sillon pour comprendre sa dynamique actuelle (Stephan, 2011).

Le Sillon de Talbert, comme toutes les plages, est une forme très récente dont la mise en place s'explique en grande partie par les fluctuations du niveau de la mer découlant du dernier changement climatique important du Quaternaire. Il y a environ 20 000 ans, période du dernier maximum glaciaire (Weichsélien), la température moyenne de l'atmosphère terrestre était inférieure de 4°C à l'actuelle. Des masses de glace de plusieurs millions de kilomètres carrés, des inlandsis, recouvraient la partie septentrionale des continents américain et eurasiatique. En conséquence le niveau de l'océan mondial se situait environ 130 mètres plus bas qu'aujourd'hui et

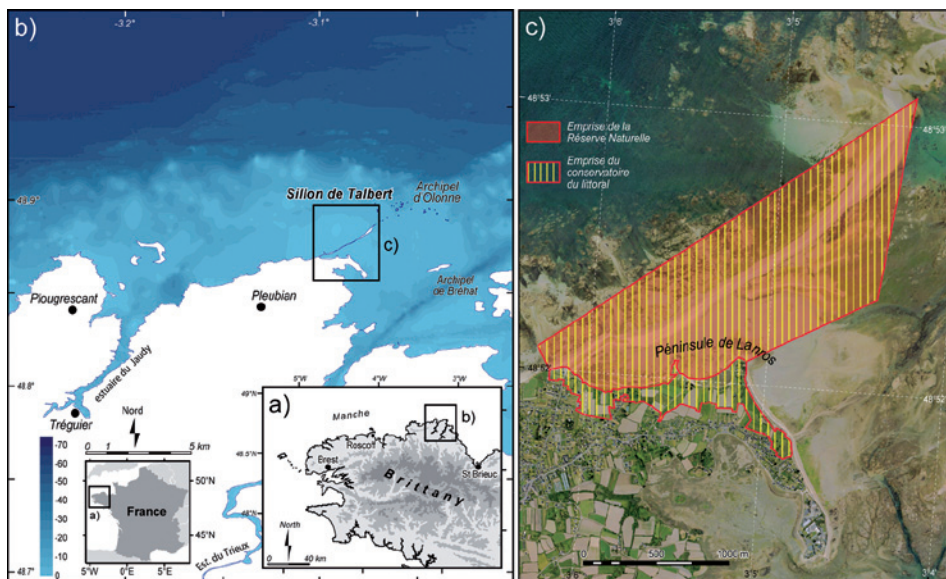


Fig. 1 - Carte de localisation. (a) échelle régionale ; (b) échelle locale ; (c) statut de protection.

de vastes portions de plateaux continentaux dont des mers épicontinentales, comme la Manche, se trouvaient émergées. La marge méridionale de l'inlandsis européen se situant au niveau de la partie médiane de l'Angleterre, le climat régnant sur la Manche asséchée et la Bretagne était de type périglaciaire. Sous ce type de climat, la morphogénèse est dominée par des processus liés à l'alternance du gel et du dégel de l'eau dans les anfractuosités de la roche en place. Ceci entraîne sa gélifraction c'est à dire sa fragmentation en débris grossiers de type blocs ou cailloux. L'efficacité de ce processus, qui varie en fonction de la nature des roches, était importante dans le granite de Perros qui affleure de Perros-Guirec à l'île de Bréhat. Par ailleurs, lors des phases de bas niveau marin, les fleuves côtiers du Jaudy et du Trieux [fig. 2] ont construit des terrasses alluviales sur la plateforme continentale émergée. Lors de la période glaciaire, le plateau continental émergé a donc fourni une grande quantité de gélifracts et de matériel meuble d'origine fluviatile. Il y a environ 16 000 ans, les inlandsis Européen et américain ont commencé à fondre en restituant progressivement l'eau à l'océan mondial dont le niveau s'est élevé pendant plusieurs milliers d'années avant d'atteindre un niveau voisin de l'actuel il y a à peu près 6 000 ans. Lors de cette transgression marine marquée par une migration de la ligne de rivage vers sa position présente, les vagues ont mobilisé une partie du matériel grossier abondant sur la plate-forme continentale. Les cailloux ont été émousés en galets et érigés en cordons reculant au fur et à mesure de l'élévation du niveau marin. Dans les secteurs où la transgression s'est faite sur des pentes régulières et relativement prononcées, l'énergie des vagues restant importante jusqu'à la ligne de rivage, les masses sédimentaires ont été repoussées jusqu'au trait de côte actuel pour former des plages adossées. Dans le cas contraire, comme dans le secteur compris entre Trélévern et Pleubien [fig. 2], l'énergie des vagues se dissipant sur un platier rocheux peu pentu, peu profond, large de plusieurs kilomètres et constellé d'obstacles que constituent les innombrables îlots et écueils du secteur, le recul des cordons de galets a été considérablement freiné. Ces derniers particulièrement massifs du fait de l'abondance de gélifracts se sont ancrés aux saillants de la plate-forme continentale sans parvenir jusqu'au trait de côte. C'est

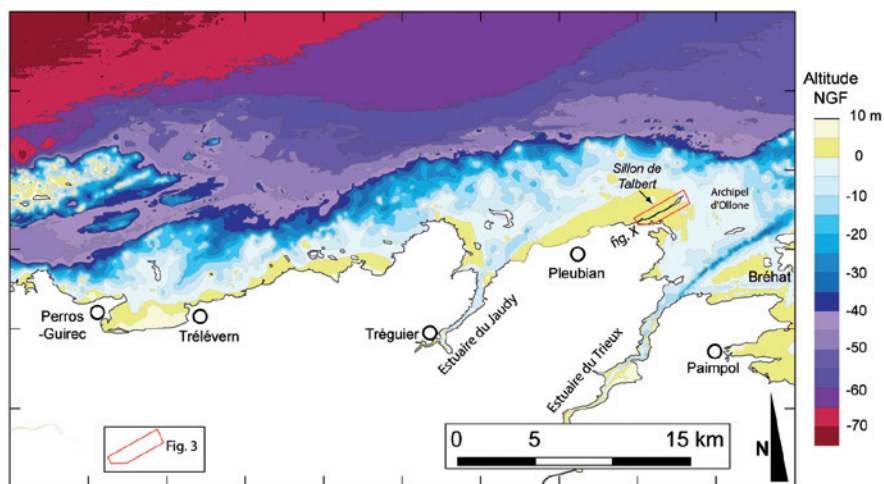


Fig. 2 - Carte bathymétrique du plateau continental aux abords du Sillon de Talbert.

le cas du Talbert qui, jusqu'à la fin du XVII^e siècle, formait un cordon long d'environ 5 kilomètres qui reliait la côte de Pleubian à l'extrémité de l'archipel d'Olonne. Au milieu du XVIII^e siècle, sans doute à la suite d'événements tempétueux, une ou plusieurs brèches se sont ouvertes dans la partie septentrionale du cordon qui a par la suite été démantelée puis étalée par les vagues et courants de marée [fig. 3]. La partie résiduelle du cordon primitif est devenue une flèche à pointe libre formant l'actuel sillon.

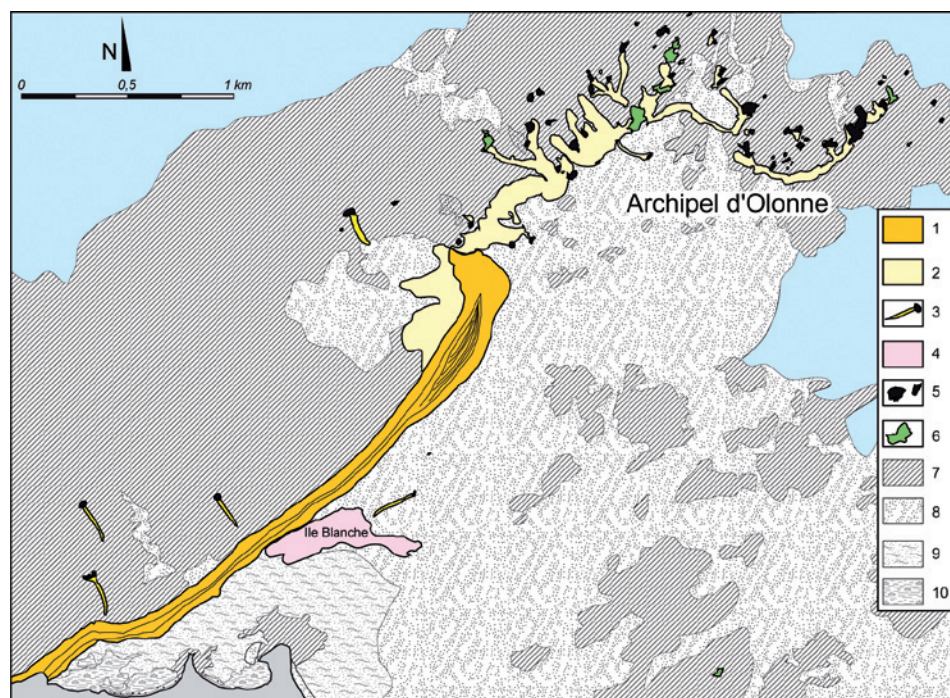


Fig. 3 - Cadre géomorphologique du Sillon de Talbert : (1) Sillon de Talbert ; (2) cordon démantelé, glais de galets ; (3) queue de comète ; (4) paléo-cordon ; (5) écueil émergent à haute mer ; (6) îlot végétalisé ; (7) estran rocheux ; (8) estran sablo-caillouteux ; (9) estran sablo-vaseux ; (10) marais maritime.

Fonctionnement de la flèche

La flèche de Talbert, comme toutes les flèches, évolue de trois manières différentes sous l'action des houles.

D'une part, elle est soumise à la dérive littorale, c'est-à-dire à un transfert de sédiments qui se fait de la partie ancrée à la côte (la racine) vers l'extrémité libre (la partie distale). Ce phénomène intervient lorsque la direction des houles n'est pas perpendiculaire au trait de côte, autrement dit, lorsque les crêtes des vagues sont obliques par rapport au rivage. Chaque déferlement de vague génère une masse d'eau turbulente qui monte plus ou moins loin sur la plage : le jet de rive. Cette masse d'eau redescend ensuite vers la zone de déferlement, c'est la nappe de retrait. Lorsque les vagues sont parallèles à la côte, le jet de rive monte perpendiculairement à la crête de vague, et donc à la plage, et redescend exactement en sens inverse en suivant la pente de la plage. À chaque déferlement, les grains mis en mouvement subissent donc un simple aller retour entre un point de départ et d'arrivée qui sont *grosso modo* les mêmes [fig. 4 A1 et A2], les transferts sédimentaires sont donc transversaux. Lorsque les vagues sont obliques, le jet de rive se fait perpendiculairement à la crête de la vagues, et donc de manière oblique à la plage, mais le retrait se fait comme précédemment dans le sens de la pente et donc perpendiculairement à la plage [fig. 4 B1, B2]. Il s'ensuit donc un décalage entre les points de départ et d'arrivée des grains, et ce, à chaque déferlement. Dans ce cas, les transferts sédimentaires sont latéraux et se font dans le sens de propagation des houles. Dans le cas du Talbert, les houles les plus fréquentes, de secteur nord-ouest, font face au sillon, mais occasionnellement elles proviennent de l'ouest et conservent une certaine obliquité au déferlement ce qui explique la dérive des sédiments de la racine vers l'extrémité. Arrivés à l'extrémité du sillon, où les courants de jusant sont particulièrement marqués, une partie des galets est étalée vers le nord-ouest et forme un glacis en forme de lobe [fig. 5 a]. Le reste est entraîné sur le revers par les houles atlantiques contournant la pointe et est ensuite repoussé vers le sud-ouest par les houles secondaires de nord-est qui proviennent de la Manche. C'est ce qui explique l'élargissement de la partie distale de la flèche qui forme une spatule de 200 m de large dont la topographie est marquée par la présence de crochets successifs résultant de ces apports [fig. 5 a].

D'autre part, lorsque les houles sont parallèles à la flèche deux types de situation peuvent se présenter. (i) Si les déferlements se font sur la plage sans que le sillon soit submergé, c'est-à-dire hors période associant tempête et fort coefficient, les sédiments tendent à se déplacer vers son sommet. Ce phénomène s'explique parce qu'une partie du jet de rive, qui entraîne les grains vers le haut, s'infiltre, en particulier dans les galets où les vides entre les grains sont de taille importante. En conséquence, la masse d'eau du retrait étant moins importante que celle du jet de rive elle ne ramène vers le bas qu'une partie des grains initialement déplacés vers le haut, et ce, à chacun des déferlements espacés de quelques secondes. À l'issue de ces épisodes la partie sommitale de la flèche tend à s'exhausser. Tant que ce type de conditions se maintient, parfois pendant plusieurs mois ou années, l'exhaussement continue et peut à terme atteindre ou dépasser des valeurs métriques. (ii) Si le déferlement se fait au sommet de la flèche, ce qui intervient épisodiquement et brièvement, à marée haute en période de tempête associée à de forts coefficients de marée, l'évolution est radicalement différente. Dans ce cas, la crête tend au contraire à s'abaisser et la flèche, par définition non adossée à la côte, à reculer parallèlement à elle-même. En effet, dans ces conditions, le jet de rive n'est compensé par aucun

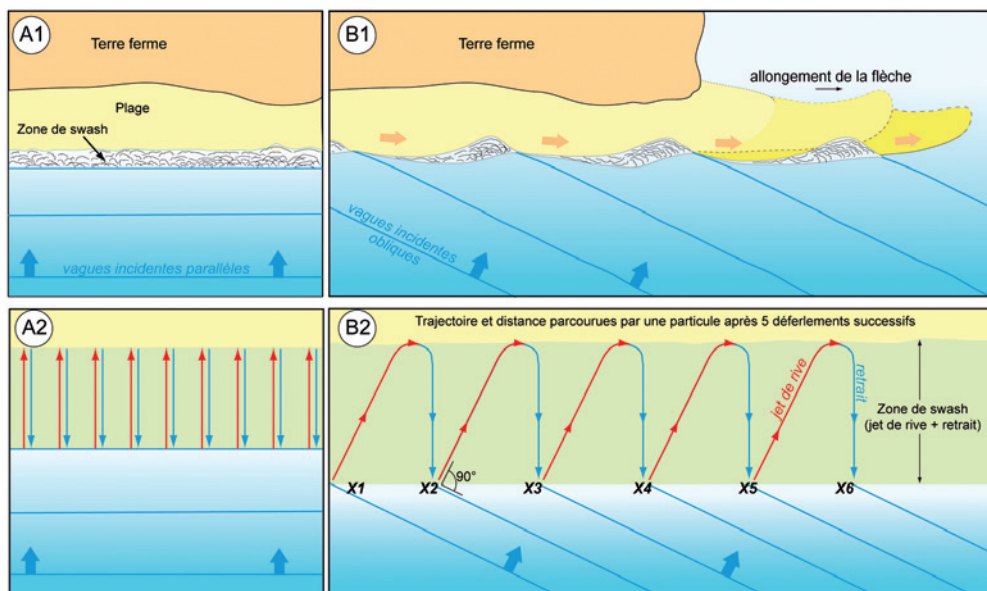


Fig. 4 - Schéma explicatif des transferts sédimentaires latéraux et transversaux sur une plage. (A1) vagues parallèles à la côte ; (A 2) direction du jet et du retrait ; (B1) vagues obliques, dérive littorale et formes induites ; (B2) mécanisme de la dérive littorale.

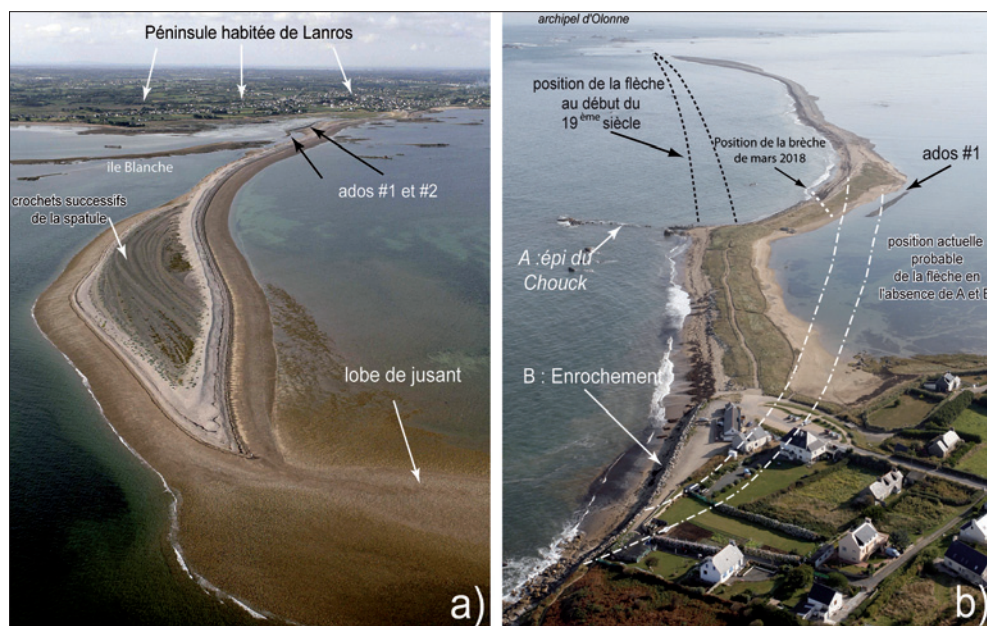


Fig. 5 - Vues aériennes du Sillon de Talbert. (a) vue de la partie distale vers la racine. Noter l'élargissement de la partie distale de la flèche, la spatule, résultant des dépôts successifs de galets entrainés par la dérive dominante d'ouest sur la face exposée puis rabattus sur le revers par la dérive littorale secondaire de secteur est ; (b) vue de la racine vers la partie distale. Noter les ouvrages de défense à la racine de la flèche . (source : D. Halleux, septembre 2009).

retrait puisque la masse d'eau du déferlement franchi la crête. Les sédiments sont déplacés de manière unidirectionnelle, vers le revers du sillon, parfois en masse considérable, du fait de l'état de la mer et de l'absence d'infiltration dans le haut de plage saturé d'eau,

Par nature donc, les flèches sont des corps sédimentaires très mobiles qui tendent à s'allonger, et éventuellement à s'amincir et se fragiliser si les apports sédimentaires à partir de la racine viennent à diminuer pour des raisons qui peuvent être soit naturelles, soit anthropiques. Ce sont aussi des formes qui reculent à des vitesses variables. Si d'aventure le stock sédimentaire d'une plage de ce type vient à diminuer, à conditions hydrodynamiques équivalentes, les franchissements par les vagues seront plus fréquents.

La fragilisation du sillon

Le stock sédimentaire constituant le sillon est hérité, on l'a vu, du balayage du plateau continental lors de la transgression Holocène qui s'est achevée il y a 6 000 ans. Depuis les apports nouveaux sont limités. Ils peuvent provenir de l'érosion des falaises situées à l'ouest du sillon, mais celle-ci est lente et fournit peu de matériel et essentiellement des grains fins issus du loess. L'autre source de sédiments est située sur les petits fonds aux étages médio et infralittoraux en avant de la flèche. À ces niveaux, les cailloux et petits blocs portant des algues à crampons peuvent, par le biais des houles, être soulevés du fond et graduellement transportés vers le sillon. Ce phénomène intervient principalement en fin d'été et début d'automne quand la biomasse algale est maximale. Il n'a pas été quantifié mais le volume de matériel transporté de la sorte est sans doute négligeable. Par ailleurs le Jaudy et le Trieux dont les estuaires sont situés de part et d'autre du sillon n'apportent en mer que des sédiments fins qui ne contribuent en rien à son alimentation.

Dans ce contexte, il est évident que tout prélèvement de sédiments dans le sillon contribue à sa fragilisation, or, comme ailleurs sur les littoraux bretons ce stock facilement disponible a été exploité dans le passé. Dès 1907, un arrêté préfectoral, stipulant que « *toute extraction est absolument interdite dans les bancs de galets parallèles à la côte, formant une protection, et sur tout le sillon de Talberg* », montre bien que cette pratique devait être monnaie courante au début du XX^e siècle et sans doute bien avant. Toutefois, les extractions continueront, puisqu'en 1909 le conseil municipal signale une nouvelle fois que des galets sont enlevés dans la partie la plus fragile du sillon. C'est le même conseil municipal qui, en 1910, demande l'autorisation de prélever 100 m³ de galets pour l'empierrement des chemins ruraux et qui en 1928 proteste contre l'autorisation accordée à une compagnie privée de pratiquer des extractions. Durant la Seconde Guerre Mondiale, l'organisation Todt chargée de l'édification des ouvrages de défense du mur de l'Atlantique s'est largement servie en matériau de construction dans les cordons et plages du littoral français. Dans le cas du Talbert toutefois, l'officier en charge des opérations ayant réalisé l'importance de la barrière naturelle que constitue le sillon en matière de protection contre l'érosion des rivages situés en arrière, les prélèvements seront concentrés sur l'île Blanche [fig. 5 a]. Cette dernière, située en arrière de la flèche actuelle, est un cordon de galets fossile datant d'une transgression précédente. Après guerre il semble que des autorisations administratives auraient permis aux entreprises locales et aux particuliers de prélever sables et galets dans le sillon

3 jours par an. Enfin lors de la marée noire de l'Amoco Cadiz en 1978, suivant une pratique largement mise en œuvre à l'époque, en particulier dans le Trégor, les galets pollués ont été enlevés au bulldozer. Ils ont ensuite été traités à la chaux et stockés dans des fosses creusées en arrière du littoral et enfouis sous de la terre végétale où ils sont encore.

Bien qu'il soit impossible d'avancer une estimation de la quantité de galets et sables prélevés dans le sillon au fil du temps, il est certain que son volume initial a diminué du fait de ces ponctions répétées, ce qui n'a pu, étant donné l'absence de renouvellement du stock sédimentaire, que fragiliser cette formation naturelle.

Les usages du sillon ont aussi contribué à diminuer sa résistance aux forçages hydrodynamiques, et en particulier les activités liées à la collecte des algues brunes. Jusqu'à une période récente les engins agricoles servant à les transporter circulaient anarchiquement sur la flèche dont la partie sommitale était aussi utilisée pour le séchage du goémon. L'épandage des algues se pratiquait de préférence sur les secteurs végétalisés de la racine, la présence de végétation facilitant le séchage. L'étendue des secteurs dénudés par les passages d'engins et les activités de séchage est nettement visible sur les photos aériennes prises au cours du XX^e siècle.

Tentatives de fixation du sillon : un échec

Dans le passé, le sillon a subi plusieurs ouvertures de brèches semblables à celle qui, au XVIII^e siècle, a conduit à l'étalement du cordon dans l'archipel d'Olonne. Elles sont peu documentées et n'entraînent aucune action particulière jusqu'au milieu du XX^e siècle. En mars 1962, deux brèches s'ouvrent à la racine lors d'une tempête, la municipalité les fait colmater par des apports de sable et galets. D'après Pinot (1994) cette ébauche de la gestion du sillon découle du fait que les riverains, qui au cours des années précédentes avaient commencé à construire sur les côtes basses situées en arrière du cordon, ont pris conscience que le Talbert constituait la seule protection contre les houles du large. De nouvelles brèches s'ouvrent en 1967 et sont elles aussi rebouchées mais la partie du sillon située au-delà du rocher du Chouck s'étant en partie étalée, la partie médiane du sillon est submergée à plusieurs reprises. Cette situation préoccupante amène à la création du Syndicat Intercommunal pour la Sauvegarde et la Protection du Sillon, Syndicat Mixte regroupant les communes du secteur et le Conseil Général du département. Le syndicat va prendre un certain nombre de mesures qui toutes vont consister à essayer de fixer le sillon en empêchant son évolution naturelle. En 1974, un épi en enrochement transversal aux houles est édifié au niveau du rocher du Chouck pour empêcher la dérive littorale sur la racine du sillon. En conséquence, celle-ci s'élargit et s'exhausse au cours des années suivantes, mais en aval de l'épi, c'est-à-dire vers l'est, le sillon privé des apports de la dérive littorale continue de s'étaler. En 1974-1975, sur les conseils de la DDE, le haut du sillon est « protégé » par un enrochement posé en vrac sur 1 100 m à l'est du Chouck. Bien évidemment la base de l'ouvrage affouillée par les vagues s'effondre, alors que dans le même temps les houles de tempête franchissent son sommet et creusent en arrière. Durant les deux décennies suivantes, le syndicat fera preuve d'un entêtement remarquable, en redressant les enrochements, rechargeant les galets en arrière. En dépit de l'inefficacité du procédé, l'ouvrage sera rallongé de 300 m en 1982. En 1987, sur 250 m de la partie sommitale médiane, on ira jusqu'à essayer d'immobiliser les galets en les enfermant dans un géotextile, lequel géotextile sera mis en lambeaux au cours de

l'hiver suivant. Les tempêtes de l'hiver 1989-90 qui entraînent l'affaissement de tout le sillon en arrière de l'enrochement sonnent le glas du syndicat qui en 1994 demande que le Conservatoire du Littoral prenne en charge la gestion du site. C'est chose faite en 2001, et en 2004 les travaux de réhabilitation du site commencent par la suppression de la presque totalité de l'enrochement qui est broyé et disposé en 3 ados de cailloux en arrière du sillon [fig 5 a et b]. Seule une section d'un peu plus de 100 m de long est conservée juste à l'est de l'épi du Chouck. Pour canaliser la fréquentation touristique du site, un cheminement balisé est mis en place sur la racine dunaire de la flèche. En 2006, l'ensemble du sillon et des estrans alentour sont classés Réserve Naturelle Régionale [fig. 1].

Dès que la gestion du sillon lui est confiée, le Conservatoire rompt avec la politique interventionniste, qui pendant des années a consisté à essayer de figer la position du sillon par des interventions lourdes. Il opte pour l'observation de l'évolution de sa morphologie et confie cette mission au laboratoire de géographie LETG de l'Université de Bretagne Occidentale.

Méthodologie du suivi topo-morphologique

Le suivi de l'évolution du sillon a débuté en octobre 2002. Il repose sur des campagnes de mesures annuelles réalisées toujours à la même période, en fin d'été, complétées d'occasionnelles campagnes intermédiaires à la suite de tempêtes particulièrement morphogènes comme en mars 2008, ou à la fin de l'hiver 2013-2014. Au total, 16 campagnes ont été menées dont la dernière en septembre 2018. Chacune d'entre elles, effectuée par 3 ou 4 personnes qui parcourent l'ensemble de l'édifice à pied, s'étale sur 4 jours. À l'aide de DGPS, les opérateurs enregistrent les coordonnées géographiques (x : latitude, y : longitude, z : altitude) de milliers de points répartis sur l'ensemble de la partie mobile du sillon [fig. 6]. Dans les secteurs où la topographie est régulière, les points peuvent être espacés de 10 à 20 mètres, lorsqu'elle est plus accidentée, tous les points hauts et bas sont mesurés et l'écart entre 2 points relevés peut être inférieur au mètre. De surcroît, toutes les ruptures de pente et des limites nettes, telle que la base du revers du sillon par exemple, sont elles aussi relevées. La position de chacun de ces relevés est calibrée par rapport à une borne géodésique de l'IGN située sur le sémaphore de Créac'h Maout qui domine le sillon. Les marges d'erreur des mesures ont été calculées et sont respectivement de 5 à 7 cm en x et y, et de 2 cm en z. Certains points, correspondant à des secteurs fixes (rochers) ou non remaniés au cours d'une année sont conservés d'une mission à l'autre (intérieur de la spatule, massif dunaire de la racine). Enfin les points couvrant l'étage médio-littoral aux abords du sillon proviennent de levés topographiques aériens Lidar de 2002. Toutes ces données sont ensuite traitées par le logiciel Surfer 9.0 qui permet de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) 3D [fig. 7].

L'évolution morphologique du sillon consiste en fait en transferts sédimentaires dans des directions différentes sous l'action des vagues. Donc comprendre cette évolution consiste à analyser des budgets sédimentaires qui sont obtenus en opérant une soustraction entre 2 MNT de 2 dates différentes. Les différences obtenues sont des changements altitudinaux, positifs dans les secteurs qui ont reçu des sédiments et négatifs dans le cas contraire. Le calcul des volumes déplacés se focalise sur le (i) matériel déposé en sommet de sillon en l'absence de tempête, (ii) sur le revers dans le cas contraire et (iii) vers la partie distale sous l'action de la

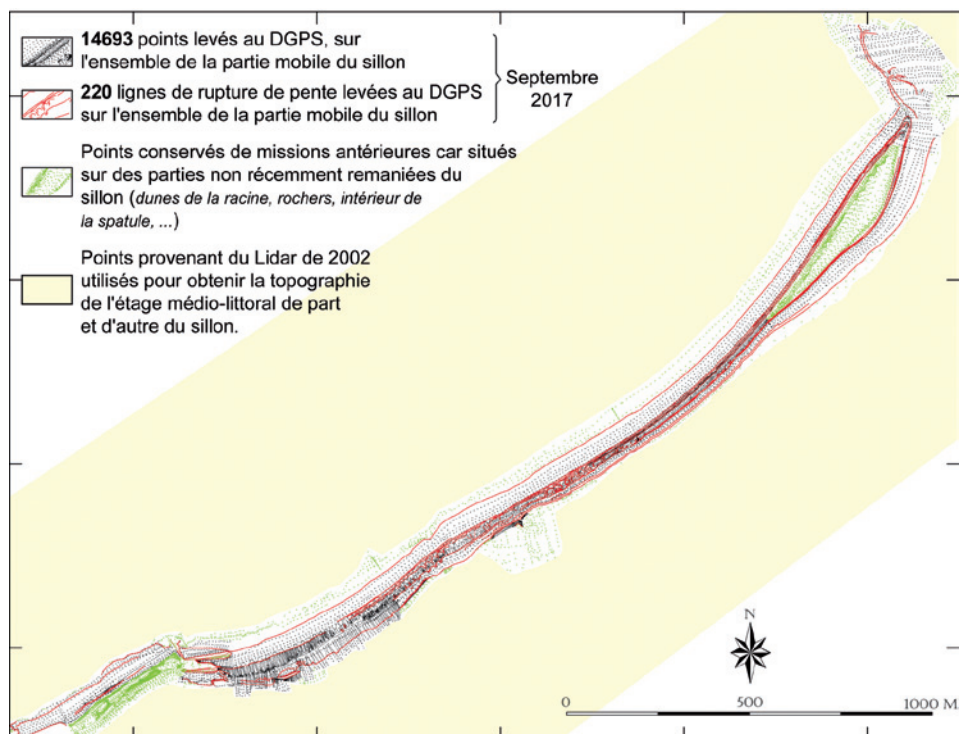


Fig. 6 - Maillage de points utilisés pour la production de modèles numériques de terrain du Sillon de Talbert.

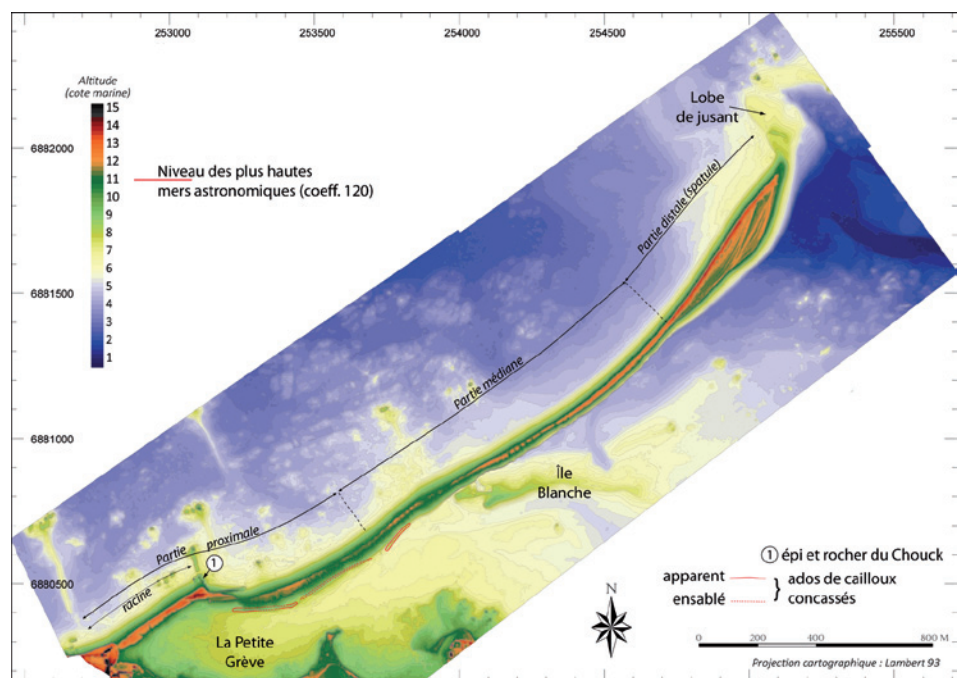


Fig. 7 - Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Sillon de Talbert en septembre 2017. Les altitudes sont en côte marine (C.M.), le zéro correspond au niveau des plus basses mers astronomiques (coefficient 120).

dérive littorale. La part relative de chacun des ces types de changements renseigne sur l'évolution de la flèche d'une année sur l'autre et sur le long terme, et permet de surcroît de mettre en évidence les éventuels points faibles de l'édifice. D'autre part, chaque MNT est coupé par 110 profils en position fixe qui permettent de mesurer précisément les marqueurs essentiels que sont la variabilité de la hauteur de la crête et la vitesse de recul de la flèche. Cette dernière mesure est affinée par le levé systématique de la position de la base du revers de la flèche.

Résultats

Budget sédimentaire

Les transferts sédimentaires les plus massifs interviennent épisodiquement et très brièvement lors de fortes tempêtes associées à de forts coefficients de marée, lorsqu'à marée haute tout ou partie de la flèche se trouve submergé par les vagues. Ce fut le cas lors de la haute mer du soir du 10 mars 2008, et à plusieurs reprises lors de l'hiver particulièrement tempétueux de 2013-2014 (Blaise *et al.*, 2015). Les changements morphologiques varient selon les sections du sillon. La racine dunaire, qui dépasse le niveau des hautes mers de plusieurs mètres, n'a pas été franchie par les vagues en 2008, et les modifications ont simplement entraîné un recul du front végétalisé de la dune. En 2013-2014 par contre, à certaines occasions, les vagues ont localement submergé la dune où elles ont entaillé quelques talwegs au débouché desquels de petits lobes de sable et galets se sont déposés sur « la Petite Grève ». Dans les sections proximales et médianes qui sont les parties les plus basses de l'édifice [fig. 7] et sont totalement submergées [fig. 8], la face exposée et la crête du sillon sont fortement érodées et, les sédiments sont transportés transversalement sur le revers [fig. 9 A et C], [fig. 10 et 11, P 36 à P 86]. Dans ces sections, l'évolution se traduit donc par un recul net du sillon [fig. 9, B], [fig. 10 et 11, P 36 à P 86]. En mars 2008 et durant l'hiver 2013-2014 les volumes concernés ont été respectivement de 120 000 et 175 000 m³ soit 10 et 15 % du volume total du sillon. Dans la partie distale, beaucoup plus élevée et large, l'eau des jets de rive qui franchit le sommet du sillon s'infiltre immédiatement en arrière, et les galets enlevés sur la face de la plage se déposent immédiatement en arrière de la crête, sans parvenir jusqu'au revers. Dans ce secteur, c'est donc seulement la crête de la face exposée qui recule [fig. 9, A], [fig. 10, P 104]. À l'extrémité du sillon une partie des sédiments enlevés

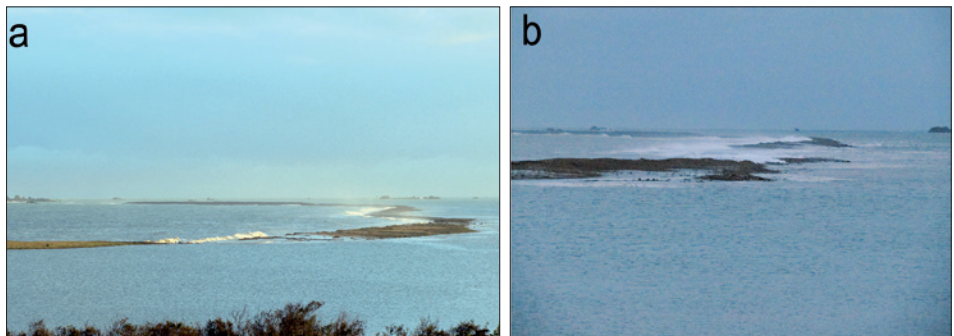


Fig. 8 - Submersion de la crête du Sillon de Talbert lors d'épisodes de tempêtes associées à des grandes marées. (a) tempête Dirk, hiver 2013-2014 (photo J. Laveaud, 04/01/2014) ; (b) tempête Imogen (photo J. Houron, 11/02/2016).

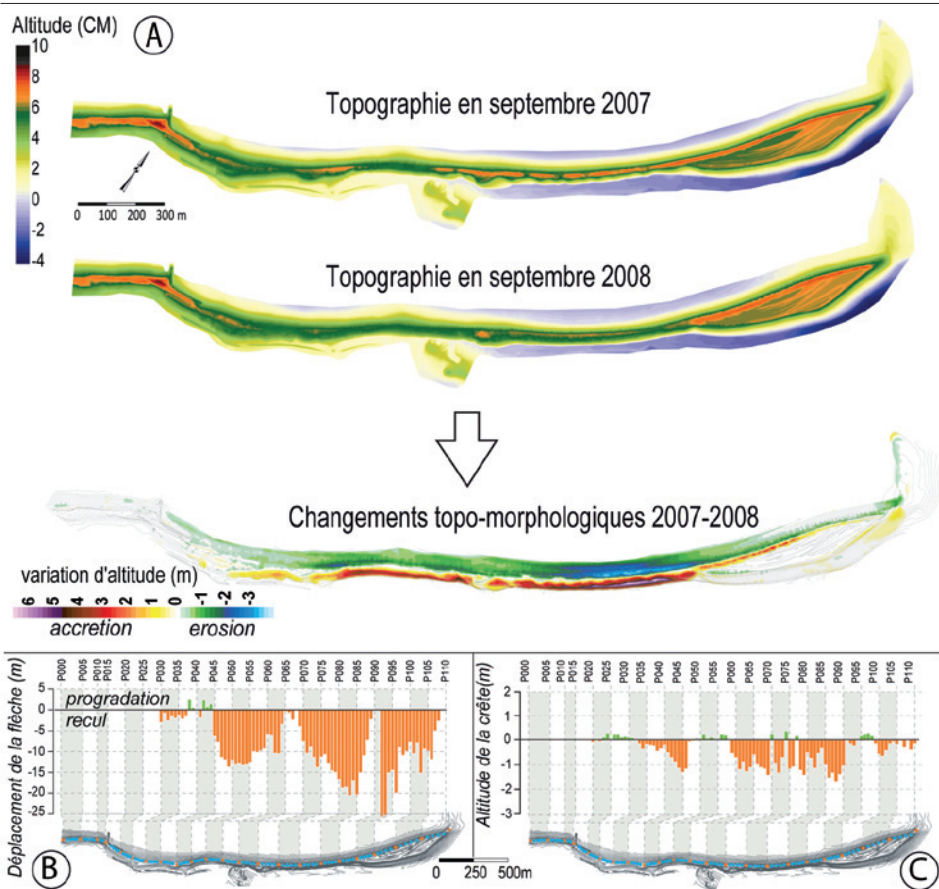


Fig. 9 - Mesures topo-morphologiques. (a) changements morphologiques entre 2 campagnes de levés encadrant la tempête du 10 mars 2008. (b) recul de la flèche calculé à partir de la position de la base du revers; (c) changements de l'altitude de la crête lors de cet épisode.

sur la face exposée contourne la pointe et se dépose sur la face abritée dans la zone où l'énergie des vagues est dissipée par diffraction.

Lors des périodes séparant les épisodes de tempêtes associées à des vives eaux, l'évolution topo-morphologique est radicalement différente. La figure 12 montre le bilan des modifications intervenues en un laps de temps de 6 ans séparant les épisodes de tempêtes de 2008 et 2013-2014. La différence résulte principalement du fait que les vagues ne franchissent pas, ou seulement en de rares endroits, la crête du sillon. Le recul du sillon est négligeable [fig. 13, P 25, 36, 64, 86] sauf au niveau le plus bas de la partie médiane qui a été occasionnellement submergé [fig. 13, P 56]. Dans ce cas, l'évolution diffère non plus par sections, mais selon que l'on considère la face exposée ou le revers du sillon. Sur la face exposée, on note une érosion de la plage. Les sédiments érodés sont pour partie repoussés vers la crête qui est marquée par un exhaussement net sur toute sa longueur à l'est de l'épi du Chouck [fig. 12 A, C, et 13]. Cet exhaussement atteint localement 2 m et est en moyenne de 1,2 m ce qui excède l'abaissement moyen qui lors de la tempête de mars 2008 était de 0,9 m. Ce phénomène découle, on l'a vu, du fait qu'en l'absence de franchissement du sillon par les vagues, l'eau du jet de rive s'infiltré en partie dans la plage, et le retrait

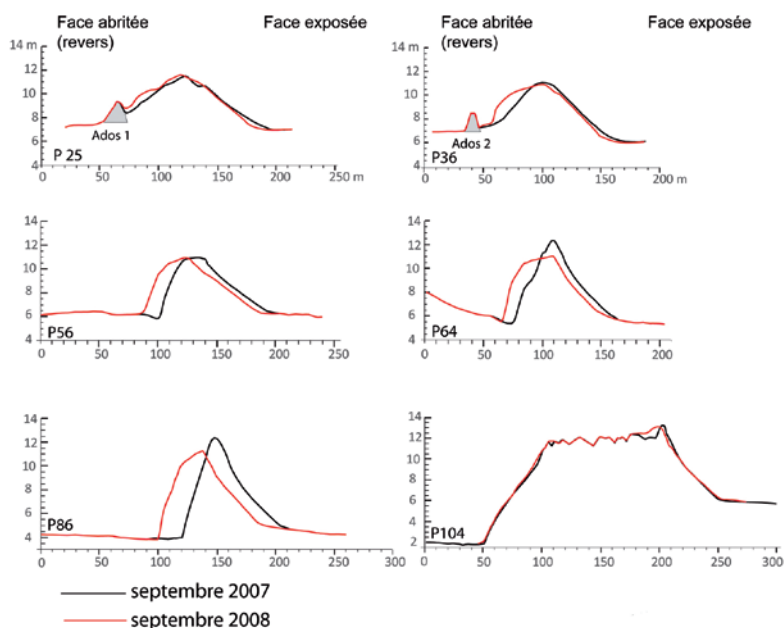


Fig. 10 - Évolution du profil du Sillon de Talbert entre septembre 2007 et septembre 2008. Noter le recul important des sections proximales et médianes qui ont été submergées le 10 mars 2008, et la stabilité de la spatule dont seule la crête extérieure a été franchie par les vagues.

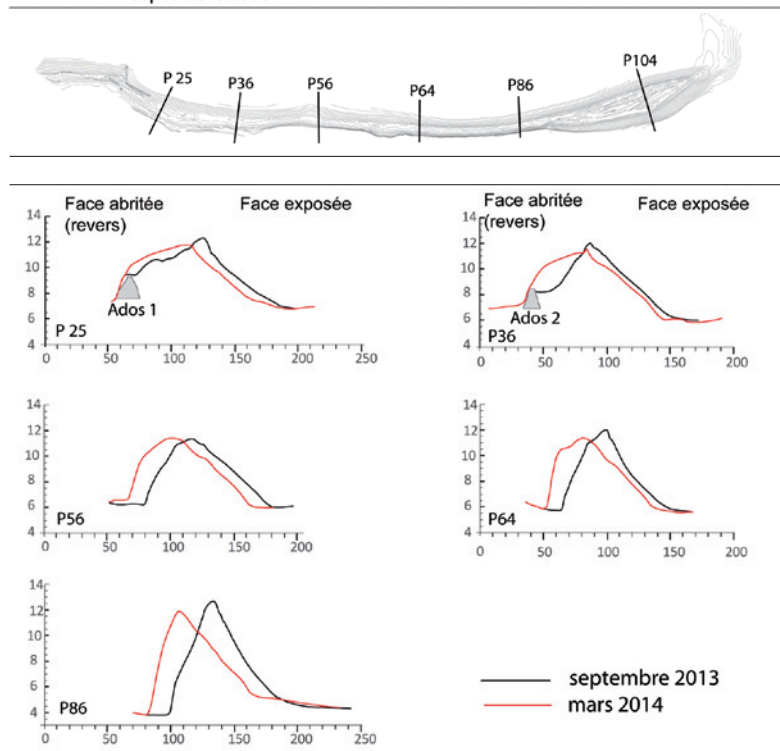


Fig. 11 - Évolution du profil du Sillon de Talbert entre septembre 2013 et mars 2014. Noter que les ados de cailloux positionnés en 2002 en arrière du sillon sont recouverts.

A Changements topo-morphologiques septembre 2008 et septembre 2013

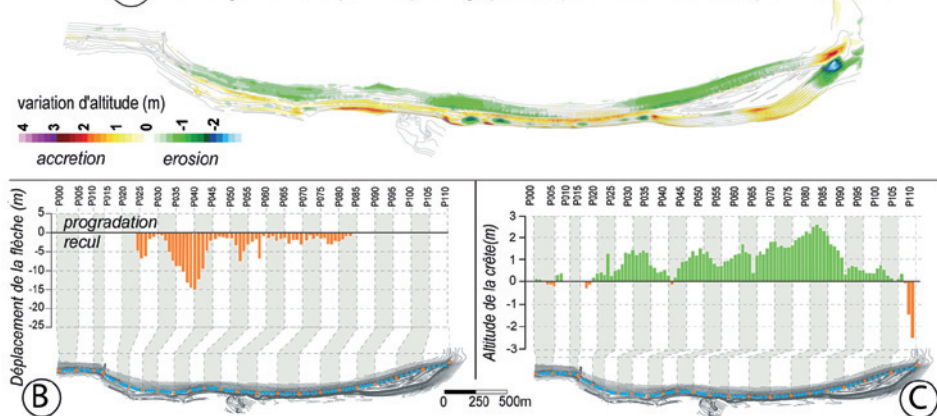


Fig. 12 - Mesures topo-morphologiques. (a) changements morphologiques entre 2 campagnes de levés hors période de tempête (b) recul de la flèche calculé à partir de la position de la base du revers; (c) changements de l'altitude de la crête lors de cet épisode. Noter que la crête s'exhausse.

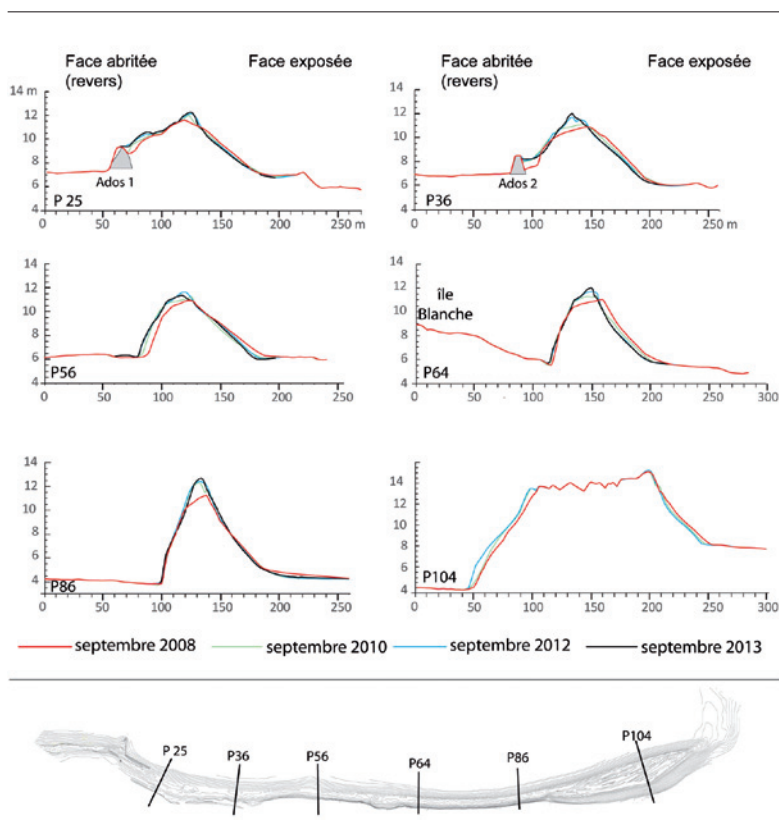


Fig. 13 - Évolution du profil du Sillon de Talbert entre septembre 2008 et septembre 2013. Noter que pendant cette longue période sans tempêtes majeures le sillon s'exhausse progressivement.

ne peut redescendre qu'une partie des sédiments initialement mûs vers le haut de l'estran. Comme les vagues sont parfois obliques à la plage, une partie des sédiments migre vers la pointe où on note une accumulation importante. Sur le revers aussi, c'est la dérive littorale, générée par les vagues de secteur nord-est qui prédomine. Le transfert sédimentaire longitudinal qu'elle génère est particulièrement net sur le revers de la pointe de la spatule où l'on voit un secteur en accrétion succéder à un secteur où l'érosion a enlevé une épaisseur de galets qui atteint 3 mètres. Sur tout le reste du revers on voit se succéder des secteurs alternativement en érosion ou en accrétion.

Durant la période de suivi 2002-2017, les changements topo-morphologiques sont donc caractérisés par une forte variabilité temporelle. Ils sont très importants, et associés à des déplacements principalement transversaux durant les brefs épisodes de tempêtes intervenant en période de grandes marées. Lors de ces événements le sillon, submergé, recule et voit sa crête s'abaisser. En dehors de ces événements très morphogènes, les transferts de sédiments sont moins remarquables et moins importants. Ils se font transversalement de la plage vers la crête qui se reconstitue, mais aussi longitudinalement en direction du nord-est sur la face exposée, et du sud-ouest sur le revers. Comme le montre la figure 14, sur l'ensemble de la période, la face exposée du sillon a subi une érosion de $411\,000 \pm 26\,000\text{ m}^3$, alors que le volume déposé sur la face arrière est de $420\,000 \pm 20\,000\text{ m}^3$. 90 % de ce stock, représentant 30 % du volume total de la flèche, a été transféré sur le revers des sections médianes et proximales lors des épisodes de submersion. Ce processus s'appelle le *rollover*. Ceci traduit un recul net de la flèche qui est en moyenne de 31,2 m sur l'ensemble de la période de suivi [fig. 15]. Les 10 % restants, $50\,000\text{ m}^3$, se sont accumulés à l'extrémité de la partie abritée de la spatule. Ils représentent le stock transporté par la dérive littorale sur la face exposée et déposé en secteur d'abri par les houles diffractées au passage de la pointe. L'accumulation de ce stock à cet endroit résulte de deux choses. D'une part, dans ce secteur, l'arrière de la partie distale est 3 à 4 m plus basse que la face exposée et donc une partie des sédiments apportés comblent un trou [fig. 8 et fig. 13 P104]. D'autre part, la dérive littorale étant moins efficace sur la face abritée du sillon que sur la face exposée [fig. 14], elle ne peut redistribuer sur le revers tous les sédiments apportés à son extrémité. Ceci implique donc à la fois un élargissement continu de la partie distale, corrélatif d'un amincissement et donc d'une fragilisation des parties proximales et médianes.

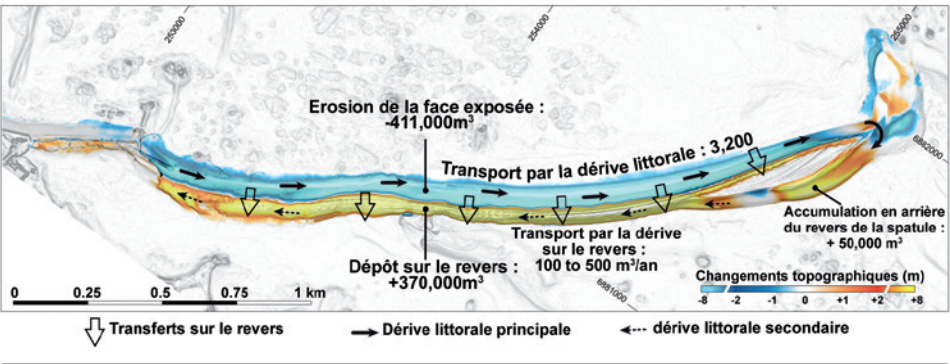


Fig. 14 - Budget sédimentaire du Sillon de Talbert de 2002 à 2017.

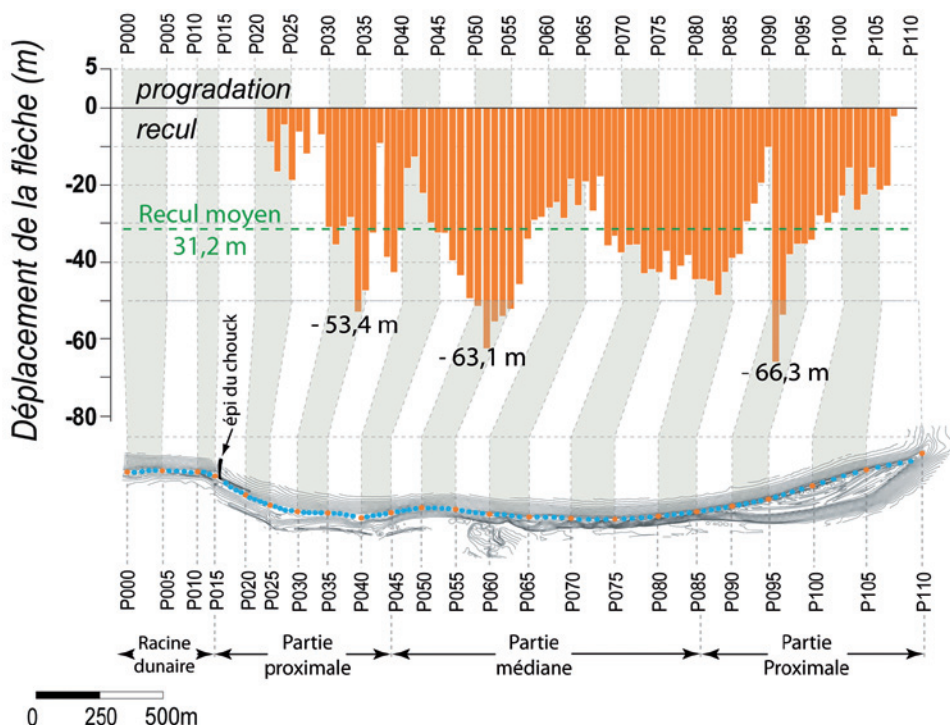


Fig. 15 - Recul du Sillon de Talbert de 2002 à 2017.

2018 : Ouverture d'une brèche

Si les sédiments enlevés par la dérive littorale sur la face exposée du sillon étaient remplacés par des apports frais, la flèche conserverait sa forme en reculant parallèlement à elle-même au gré des tempêtes morphogènes. Mais ce stock ne se renouvelle pas pour des raisons déjà évoquées qui tiennent au fait (i) que le stock sédimentaire du sillon est, pour l'essentiel, un héritage de la transgression holocène, et (ii) que l'épi du Chouck bloque les apports qui pourraient provenir des plages et falaises situées en amont dérive c'est-à-dire de l'ouest. La dérive tend donc à transporter les sédiments vers le nord-est, et ce, aux dépens de la partie proximale en aval dérive de l'épi du Chouck, puisque c'est la seule dont les départs ne sont compensés par aucune arrivée de matériel de remplacement. On dit que la flèche se cannibalise. En conséquence, à cet endroit, depuis le début du suivi et jusqu'à l'hiver 2018, le sillon n'a cessé de se rétrécir et de reculer. Ce retrait atteint une douzaine de mètres en moyenne sur 60 % de la longueur de l'enrochement résiduel auquel il était entièrement adossé en 2005 et dont il est actuellement séparé par une dépression limitée côté flèche par une falaise de sable verticale [fig.16 et 17 a]. Ce recul pourrait résulter du seul processus de *rollover*, avec transfert du matériel érodé sur le revers, mais dans ce cas, le sillon conserverait *grosso modo* sa largeur initiale. Or, la partie supratidale du sillon, constituée d'une dune basse, large de 30 m en 2002 s'est progressivement amincie pour se réduire à l'automne 2017 à un isthme minuscule dépassant à peine le niveau des hautes mers de fort coefficient, isthme que nous avons nommé « la taille de guêpe ». L'analyse du budget sédimentaire des abords de la taille de guêpe [fig. 17 b] montre que des

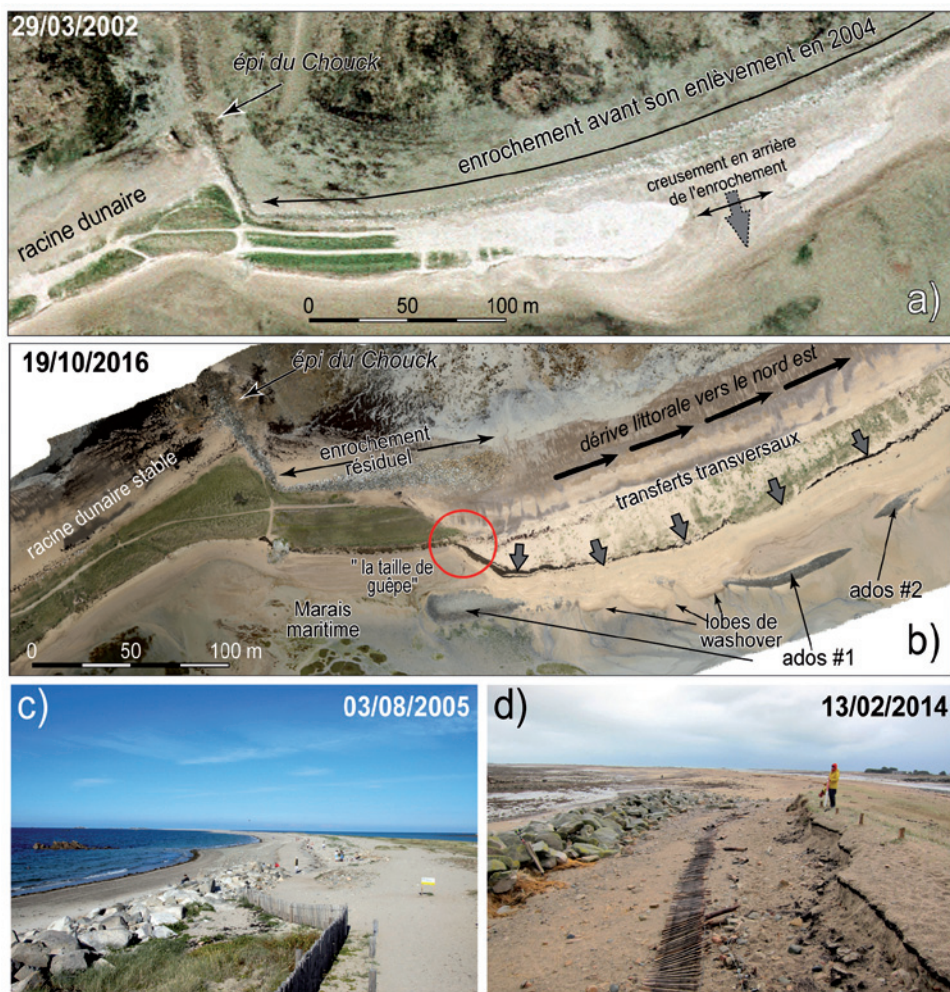


Fig. 16 - Changements morphologiques de part et d'autre de l'épi du Chouck durant la période d'étude. (a) 29/03/2002, source IGN ; (b) 19/10/2016, survol drone. Noter la stabilité et la végétalisation de la racine en amont de l'épi du Chouck et le recul marqué en aval. (c) et (d) recul de la partie proximale en arrière de l'enrochement résiduel entre 2005 et 2014.

29 000 \pm 3000 m³ érodés sur la plage, 11 000 \pm 2000 m³ ont été transportés vers l'est par la dérive, ce qui explique la fragilisation du secteur. La taille de guêpe était obligatoirement appelée à se rompre et à se transformer en brèche transversale au sillon [fig. 18]. Contrairement à toute attente, la rupture n'est pas intervenue en période de tempête, mais le 4 mars 2018 par coefficient de marée 108 et sous un régime de vents d'est. Les vents soutenus ont poussé l'eau vers l'ouest de la baie en arrière du sillon, occasionnant une surcote du niveau de la mer qui, à marée haute, a franchi l'isthme que les courants de marée ont rapidement creusé lors du jusant suivant. Depuis, en l'absence de tempêtes, la brèche s'élargit et s'approfondit sous l'action des seuls courants de marée qui l'empruntent lors de marées de forts coefficient. En avril 2018, elle est large de 45 m et profonde de 2 m (fig. 19) et il est évident que cette évolution ne peut que se poursuivre au cours des mois et années à venir et éventuellement aboutir à l'étalement de tout ou partie des parties

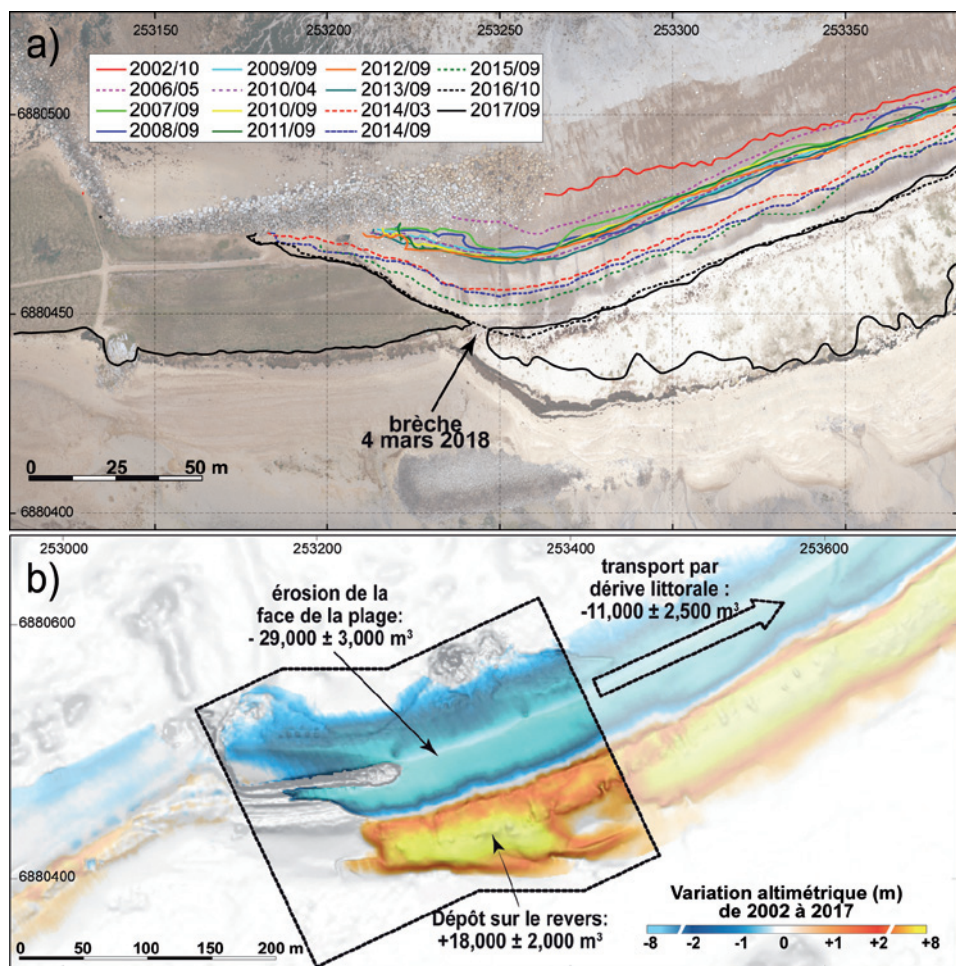
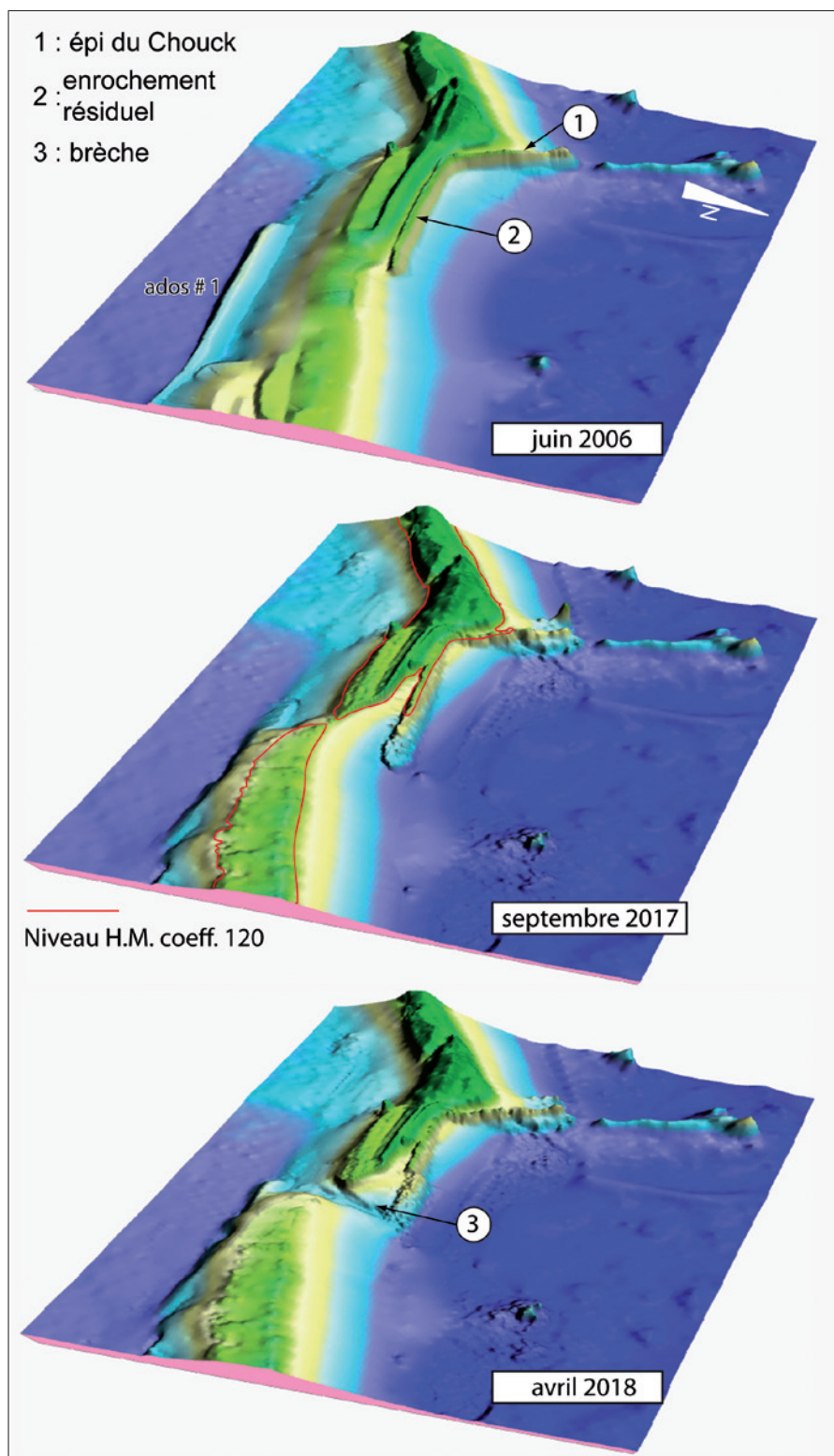


Fig. 17 - Évolution du secteur de la « taille de guêpe » de 2002 à 2017. (a) retrait de la ligne de rivage correspondant ici au niveau des plus hautes mers astronomiques. (b) bilan du budget sédimentaire et des flux sédimentaires de 2002 à 2017.

médianes et proximales de la flèche, autrement dit à la détruire. Le sillon joue un rôle de protection contre les houles, au moins pour la presqu'île de Lanros [fig 1 et 7] et est un des pôles touristiques du département des Côtes-d'Armor. Il est évident que dans ce contexte la question peut se poser de décider ou non d'intervenir pour enrayer l'évolution en cours.

Intervenir ou pas ?

Avant même d'envisager une quelconque intervention visant à restaurer le secteur de la brèche, il convient de bien cerner l'origine du problème. Au cours des décennies passées, la partie occidentale de la racine du sillon a été urbanisée [fig. 5b] dans un secteur en cours d'érosion. C'est en partie pour protéger ces édifices que l'épi du Chouck a été mis en place et que, dans les années 70, les bâtiments les plus proches du trait de côte ont été protégés par un enrochement haut de plusieurs mètres [fig. 5 b].



Dans ce secteur, ces deux ouvrages ont été efficaces et ont permis de bloquer les sédiments de la racine du sillon et l'édification d'une dune dépassant le niveau des plus hautes mers. Mais dans le même temps l'épi, en remplissant parfaitement le rôle qui lui était assigné, a entraîné la fragilisation puis la rupture de la partie proximale dans le secteur de la « taille de guêpe ». La figure 5 b montre la position du sillon plus avancée vers le large au XIX^e siècle, et permet de comprendre qu'en l'absence d'ouvrages de protection, au fil du temps, la racine aurait reculé comme le reste de la flèche qui par ailleurs aurait continué d'être alimentée en sédiments. Si l'on ajoute à cela le fait que des volumes de galets et de sable impossibles à chiffrer, mais sans aucun doute importants, ont été prélevés pendant des siècles sur le sillon, il est évident que les problèmes actuels sont d'origine anthropique. Est-ce une raison pour intervenir ? Cette décision est du ressort du comité de gestion de la réserve. Si oui, comment ?

Intervenir *a minima* ?

Il est possible de boucher la brèche, voire de renforcer le secteur situé en aval de l'épi du Chouck. Il suffit d'y rapporter du matériel prélevé ailleurs, si possible plus grossier que le matériel initial qui dans cette partie du sillon est constitué à 80 % de sable. Le bilan sédimentaire du secteur de la brèche montre que pendant la période de suivi environ 11 000 m³ ont été exportés par la dérive littorale [fig. 17 b]. Pour reconstituer la plage à cet endroit, il faudrait rapporter au moins l'équivalent. Nos calculs montrent cependant que le volume idéal permettant de redonner un plan de plage moins en creux serait de l'ordre de 14 300 m³. Une partie du matériel (3 900 m³) pourrait provenir du concassage de l'enrochement résiduel dont l'inefficacité est absolument remarquable. Le reste, 10 500 m³, proviendrait d'ailleurs. Les études portant ce type d'intervention montrent que le volume de rechargement doit être de 20 à 40 % supérieur au volume requis. En effet, une partie du matériel rapporté, qui est décompacté, est rapidement évacuée par la dérive littorale ou exportée vers le bas de l'estran. Le volume de matériel à rapporter serait donc de l'ordre de 17 200 à 20 000 m³. Ce sédiment est présent dans l'emprise de la réserve. D'une part, lors de son évolution millénaire, le sillon reculant sur une surface à topographie accidentée a abandonné des milliers de mètres cubes de galets en abri de ressauts rocheux disséminés sur l'immense estran qui le précède vers le large [fig. 3]. D'autre part, à l'extrémité de la partie distale, le lobe de jusant représente une masse importante qui de 2002 à 2017 est restée stable, ce qui indique qu'elle ne contribue en rien aux changements morpho-sédimentaires qui affectent le sillon. La partie externe du lobe [fig. 20A] pourrait être arasée sans dommage pour la dynamique sédimentaire du sillon, et fournirait le volume de galets nécessaires au rechargement [fig. 20 B et C]. Toutefois, ce type de solution aurait une durée de vie limitée de l'ordre de 15 à 20 ans, puisque la dérive littorale exporterait à nouveau les galets vers l'extrémité de la flèche. De plus sans même rentrer dans des conditions relatives au coût, cette opération impliquerait des impacts non négligeables ne serait ce que ceux liés au transport de milliers de tonnes de galets par camions ou remorques sur près de 2 kilomètres d'estran. Cette approche présentée au comité de gestion de la réserve a été rejetée.



Fig. 18 - Visualisation 3D de l'évolution du secteur de la « taille de guêpe » de 2006 à 2018.

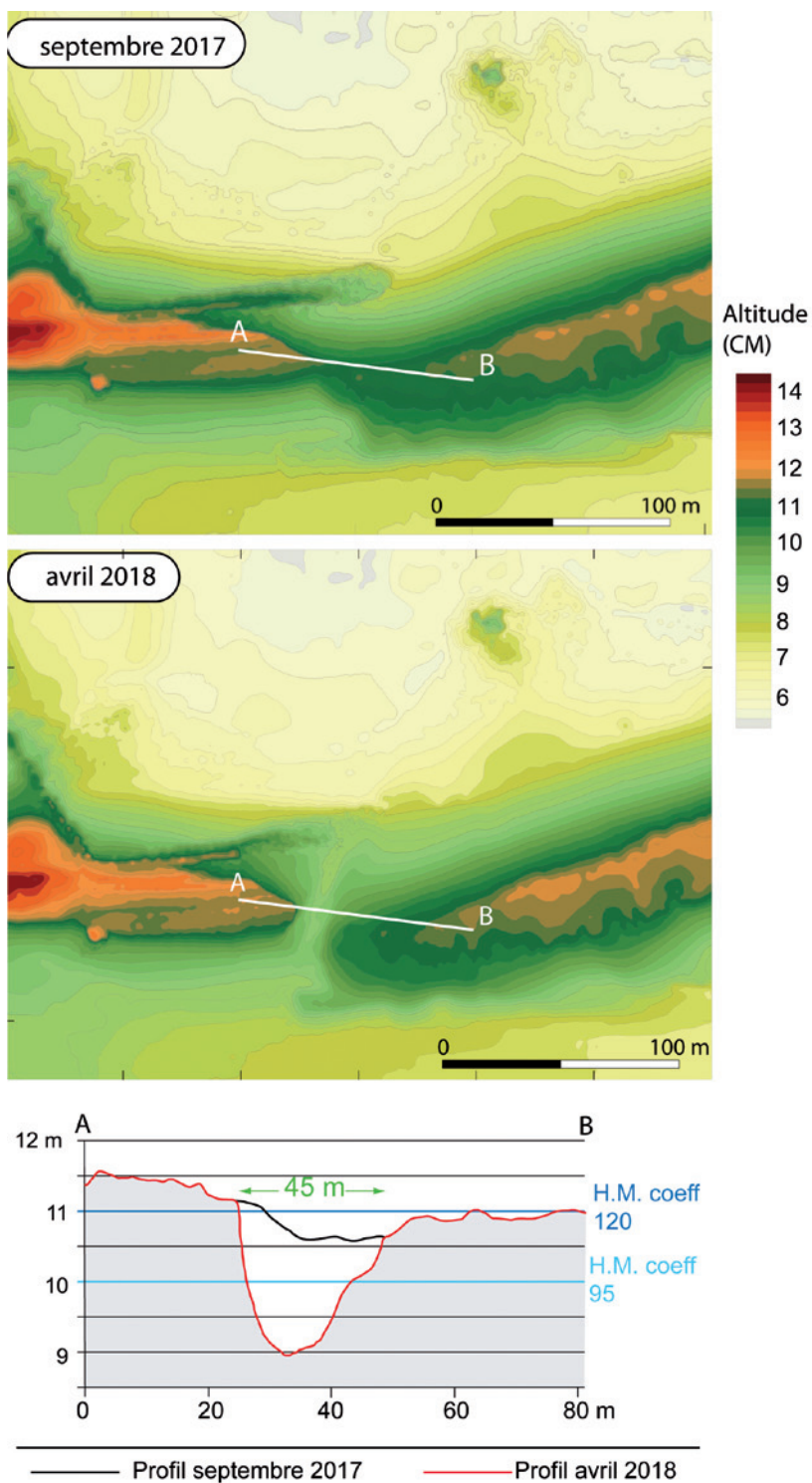


Fig. 19 - Évolution du secteur de la brèche entre septembre 2017 et avril 2018

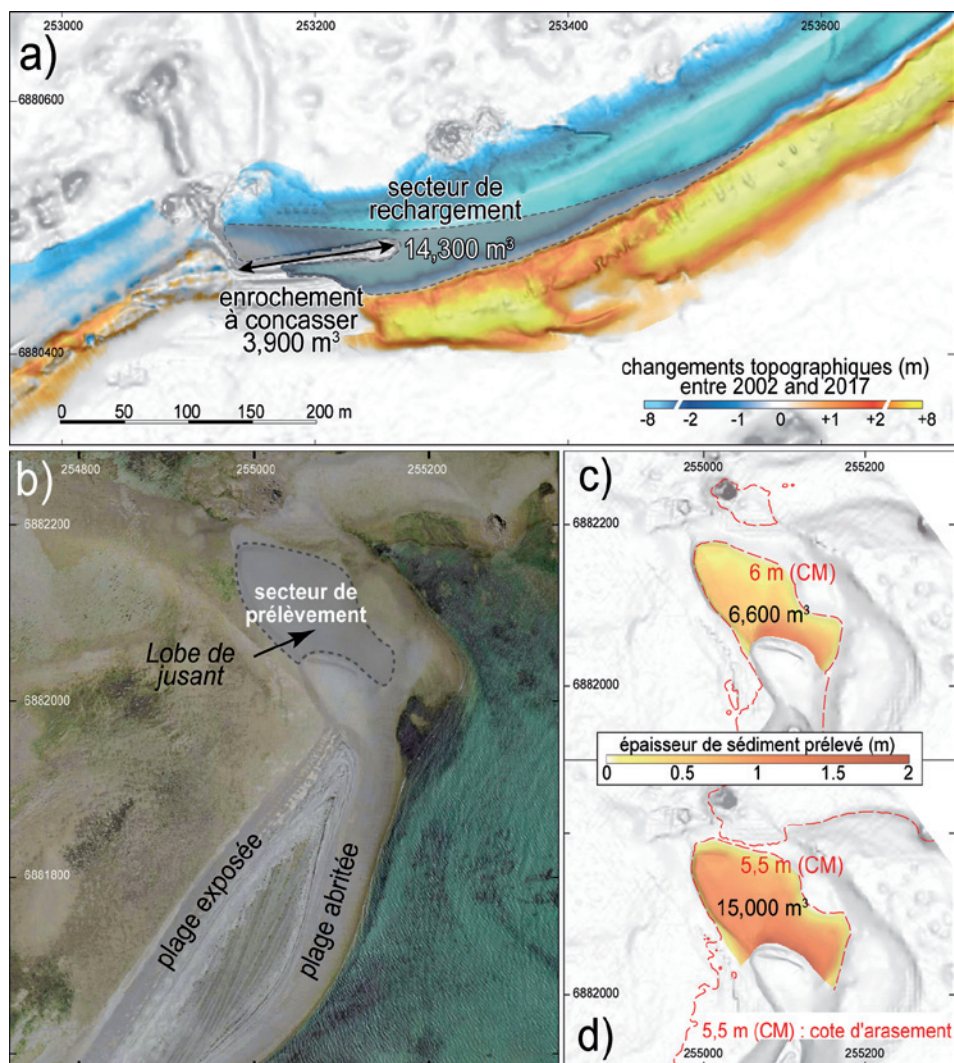


Fig. 20 - Scénario de comblement de la brèche de la « taille de guêpe ». (a) volume de rechargement ; (b) secteur de prélèvement possible ; (c) volumes disponibles.

Redonner place à la dynamique naturelle ?

Une autre solution, visant à redonner au sillon sa dynamique morpho-sédimentaire naturelle, consisterait à supprimer l'épi du Chouck, et l'enrochement protégeant les bâtiments édifiés à l'ouest de la racine [fig. 5b, fig. 21 I, II]. Le changement serait radical et rapide. À l'heure actuelle, la plage du Chouck bloquée par l'épi est 2 m plus haute que le début de la partie proximale du sillon. La gravité ajoutée à la dérive entraîneraient rapidement une masse importante de sédiments de la racine vers le secteur de la brèche. Ce transfert s'accompagnerait forcément d'une érosion régressive marquée en amont dérive, c'est-à-dire sur toute la plage du Chouck y compris au niveau du secteur actuellement bâti [fig. 21 III, IV]. De surcroît ces transferts de sédiments continueraient jusqu'à ce que le plan de la racine se retrouve dans l'axe du reste du sillon, c'est-à-dire que le plan du sillon se

régulariserait. Comme l'ensemble de la racine, y compris son revers, se trouvent actuellement décalés vers le large, l'érosion rognerait progressivement l'ensemble du massif dunaire. Au bout d'un certain temps, le front d'érosion serait entaillé dans la partie arrière de la dune, qui s'abaisse progressivement jusqu'au niveau de la plage située en arrière [fig. 21 IV]. Lorsque ce stade serait atteint deux situations peuvent se produire. En cas de tempête associée à de forts coefficients, la dune résiduelle pourrait être franchie par les vagues et étalée en arrière, ce qui occasionnerait l'ouverture d'une brèche [fig. 21 V]. En l'absence de tempêtes les vagues peuvent au contraire, comme on l'a vu, entraîner l'exhaussement de cette crête résiduelle lors de son recul progressif et permettre de préserver la continuité de la racine jusqu'à ce que celle-ci se positionne dans l'axe du reste du sillon [fig. 21 V bis]. En tout état de cause, l'érosion du secteur entraînerait la disparition du secteur actuellement bâti et même d'une partie du parking. Il est donc clair qu'une solution de ce type impliquerait, d'une part la maîtrise foncière des secteurs aménagés, et d'autre part

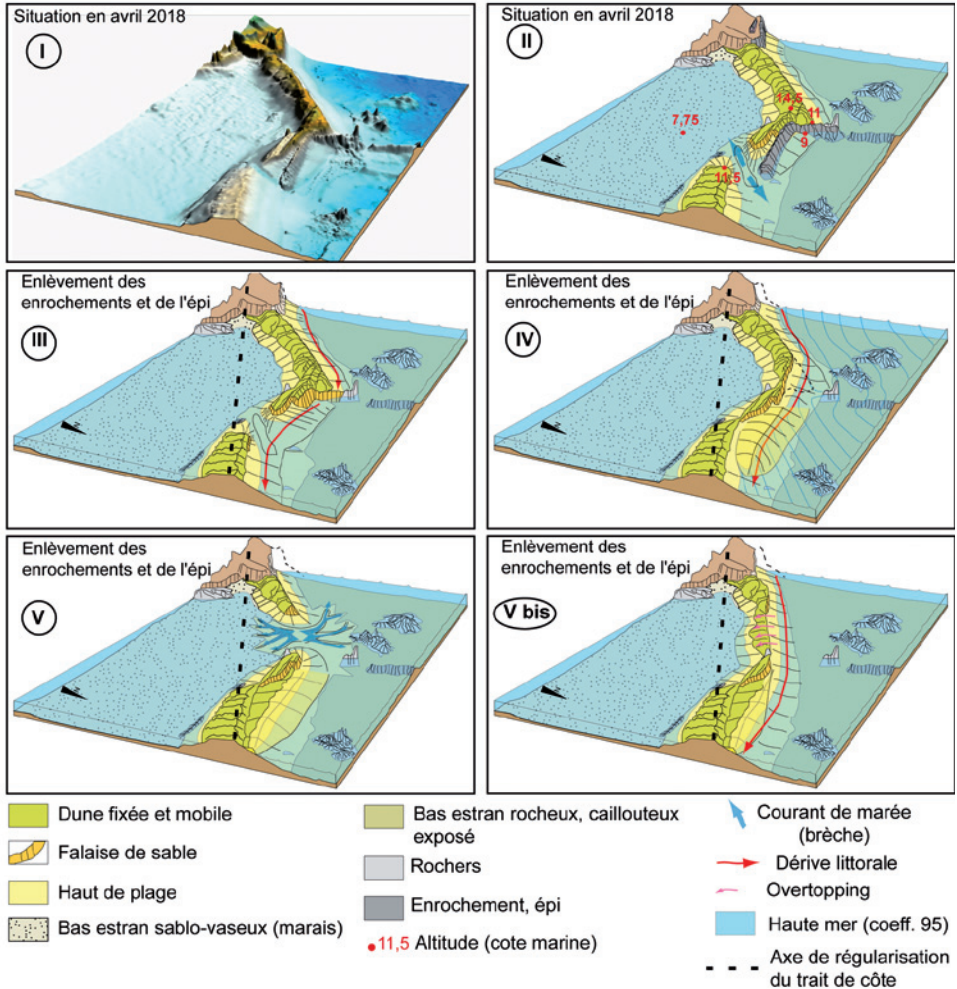


Fig. 21 - Scenarii d'évolution de la racine du sillon en cas d'enlèvement des ouvrages de défense (épi et enrochements).

un travail pédagogique en direction des locaux et des visiteurs. Pour ce qui est de la maîtrise foncière, tout le secteur concerné est dans le périmètre géré par le Conservatoire du Littoral. Pour ce qui est de l'acceptation par le public, ce type d'opération n'en est qu'à ses balbutiements en France.

Conclusion

Le Sillon de Talbert, héritage de la dernière transgression marine du Quaternaire, a évolué pendant des millénaires en reculant parallèlement à lui même au gré des tempêtes submergeant sa crête. La flèche a indéniablement été fragilisée au cours des siècles passés par des prélèvements sédimentaires dont les volumes sont inquantifiables. Toutefois ce n'est qu'au cours du XX^e siècle que son recul et l'apparition occasionnelle de brèches, qui sont par nature inhérents à la dynamique de ce type d'édifice, ont été considérés comme une menace ou un dysfonctionnement en raison de l'urbanisation intensive du littoral. La fixation réussie de la racine par l'épi du Chouck, ainsi que la mise en place d'un enrochement massif tout à fait en amont dérive ont eu pour effet de priver le reste du sillon d'apports sédimentaires frais et ont abouti à l'ouverture d'une brèche qui n'a aucune chance de se colmater naturellement puisqu'elle se situe à l'endroit où le sillon se cannibalise. Pour le moment, le comité de gestion a décidé de laisser opérer la nature, et donc à terme de voir les parties proximales et médianes du sillon s'étaler. Il n'est pas sûr qu'à l'avenir toutes les parties impliquées dans la gestion du site abordent le problème de manière aussi sereine. En effet, le sillon attire annuellement des milliers de visiteurs qui ne feront peut être plus le déplacement pour contempler un glacis de galets plutôt qu'une flèche. D'autre part la presqu'île de Lanros située en arrière du sillon bénéficie de sa protection contre les vagues, protection appelée obligatoirement à diminuer au cours des années à venir.

Bibliographie

- BLAISE E., SUANEZ S., STEPHAN P., FICHAUT B., DAVID L., CUQ V., AUTRET R., HOURON J., ROUAN M., FLOC'H F., ARDHUIN F., CANCOUËT R., DAVIDSON R., COSTA S., DELACOURT C., 2015 – Bilan des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur la dynamique de recul du trait de côte en Bretagne, *Géomorphologie relief, Process. Environ.* 21, p. 267–294.
- Pinot J. P., 1994 – Fixer le plan ou gérer le profil : l'exemple du sillon du Talbert, *Cahiers Nantais*, 41-42, p. 307-316
- Stéphan P., 2011 – *Les flèches de galets de Bretagne, évolutions passées, présentes et futures*, l'Harmattan, Paris, 263 p.