

Les côtes atlantiques d'Europe, évolution, aménagement, protection-Brest, France, 15-16 mai 1979
Publications du CNEXO : Actes de Colloques n° 9, pages 85 à 94

METHODES D'ETUDE DES CHANGEMENTS DE RIVAGE DES MARAIS ET WADDEN
EXEMPLES EN PICARDIE ET CHARENTE MARITIME

par

Y. DEMARCO, R. REGRAIN, J. RUDELLE

*Université de Picardie, Station d'Etudes en Baie de Somme et ERA 345 du CNRS
80230 SAINT-VALERY-SUR-SOMME*

R E S U M E

— Méthodes géologiques (sondages), historiques (interprétation de textes) et cartographiques sont indispensables pour retracer l'évolution des marais et wadden. Pour les quarante dernières années les photographies aériennes et depuis sept ans les données de télédétection, permettent de mieux suivre l'accumulation des sédiments sur de vastes espaces. —

Ces différentes méthodes, en particulier la cartographie infographique diachronique, permettent d'avoir une vue spatiale et instantanée des phénomènes, mais nécessitent des travaux de vérification au sol (qui devraient être facilités par l'utilisation d'un aéroglisseur).

A B S T R A C T

— The methods essential for the retracing of the evolution of salt marshes and wadden are geological (boring), historical (the interpretation of text), and cartographical. — For the last forty years aerial photographs and since 1972 remote sensing data, have made possible a spatial and instantaneous view of the phenomena, but require to be followed up by ground-level verification ("ground truth") ; this one could be made easier by the use of an hovercraft.

M O T S - C L E S : Marais, Wadden, Méthodes d'études, Planimétrie, Photographies aériennes, Télédétection, Cartographie automatique, Cartographie diachronique (multitemporelle).

K E Y W O R D S : Littoral marshes, Research methods, Planimetry, Aerial photographs, Remote sensing, Automatical cartography, Diachronic (multitemporal) cartography.

Les changements de rivage des marais et wadden se marquent par la construction de digues sur des terrains récemment abandonnés par la mer (des wadden aux marais), l'apparition du schorre ou pré salé à la place de la slikke, l'accrétion de la slikke enfin.

Leur étude relève de méthodes classiques empruntées à la stratigraphie ou à l'histoire, ou de méthodes plus récentes comme l'utilisation des photographies aériennes et des documents de télédétection.

1. LES METHODES CLASSIQUES D'ETUDE

Les changements de rivage des marais maritimes peuvent être retracés à l'aide de documents historiques ou cartographiques pour la période récente, de méthodes stratigraphiques pour les périodes plus anciennes.

1.1. Les méthodes stratigraphiques

L'étude des sondages des marais montre parfois la succession verticale de milieux caractérisés par des sédiments plus grossiers comme les goulets et deltas de marée (F. VERGER, 1968, p. 230) ou les fonds de chenaux, et les éléments plus fins des bancs et des schorres. L'analyse pollinique, par la fréquence différente des Chénopodiacées (voire de *Pinus* ou des espèces arborescentes ?) peut donner des indications concordantes ; les études de micromorphologie ou les datations C 14 sur les espèces caractéristiques de chacun des milieux peuvent aussi être utilisées. Toutefois, l'ensemble de ces indications n'a, le plus souvent, qu'une valeur ponctuelle, et ne permet généralement pas de se faire une idée précise de l'étendue des différents milieux de slikke, schorre et marais maritime. Il en est parfois de même des documents archéologiques ou historiques.

1.2. Les documents archéologiques

Les témoignages archéologiques rencontrés dans les sondages sont d'interprétation délicate, car leur milieu d'abandon est inconnu : il en est ainsi d'objets trouvés en Charente (POLONY, 1885), et leur enfoncement dans le matériau peu consolidé que constituent les sédiments de wadden peut être important : ainsi D. PRIGENT (1977, p.19) estime qu'une couche archéologique située à 10 m de profondeur et reposant sur 16 m d'argiles a pu descendre de 2 à 3 m (sans compter l'effet possible du poinçonnement et du fluage).

Il n'en est pas de même des briquetages ou sites à sel (P. GOULETQUER, 1970 ; C. GABET, 1970 à 1976) qui indiquent avec précision la proximité du rivage, puisqu'ils fonctionnaient par évaporation de l'eau de mer. Toutefois, il est délicat de savoir s'ils étaient installés sur la "terre ferme", sur un schorre, ou en bordure de la slikke, comme ont pu l'être ensuite les marais salants (R. REGRAIN, 1979).

1.3. Les documents historiques

L'histoire de la sédimentation des wadden est assez mal connue pendant la période historique, bien que les documents ne soient ni très rares ni très difficiles à interpréter. A côté des cartulaires (nombreux en Charente Maritime, où les marais produisaient le sel), les "aveux et dénombrements", les archives nationales, les registres du Conseil d'Etat, et divers autres manuscrits (*) fournissent des renseignements précieux : il est possible d'y reconnaître la

(*) En Charente Maritime, C. GABET nous a signalé la plupart de ces documents. Qu'il en soit remercié.

la toponymie actuelle, en particulier sur le littoral charentais : des croquis ont pu être conservés et des indications précises permettent parfois de proposer une localisation. Sur le littoral picard, par exemple, les archives de la série S ne remontent guère au-delà du XVIII^e siècle, mais il est possible de réinterpréter des documents cités par les érudits du XIX^e siècle (travaux en cours).

1.4. Les cartes

Il s'agit du premier type de documents susceptible de fournir une indication spatiale continue des limites marais-wadden, voire schorre - slikke. Parfois elles sont de fiabilité incertaine (C. PASSERAT, 1910 ; M. VANNEREAU, 1962) comme la carte de DELISLE, reproduite par A. DEMANGEON (1905, p. 185), mais plus précises depuis le XVIII^e siècle. Les cartes de Cl. MASSE (fin XVI^e), des CASSINI (XVIII^e), de l'Etat Major (XIX^e) et les cartes de l'IGN constituent une série chronologique de cartes, à partir desquelles on peut établir l'indice $I = S \times 100/T$, rapport entre la surface du schorre S et la surface totale T des wadden (F. VERGER, 1968, p. 323).

Sur le littoral picard et pour la Baie de Somme par exemple, les cartes de LA BRETONNIERE et MECHAIN (1776), de OEVILLIO des BRUYERES reproduites par HERAUD (1878), les cartes de l'Etat Major (éditions 1890 et 1898 in A. DEMANGEON, pl. hors-texte) et les cartes à 1/100000 de l'IGN permettent de suivre l'évolution des marais et wadden. Sur chacune de ces cartes, la limite mer estran, l'étendue des schorres (appelés mollières), les digues sont indiquées, avec une précision croissante. Le planimétrage de chacune des surfaces en slikke et en schorre permet de dresser le tableau suivant, qui ne donne très évidemment que des ordres de grandeur des surfaces, exprimées en km².

	prises (renclôtures)	schorre (mollières)	slikke	estran	I
1776-1777		10,7	100	110,7	9,7
1878	9,90	4,5	86,4	91,9	4,9
1890-1898		5,3	93,3	98,6	5,4
1974	6,50	12,6	65,4	78,0	16,1

TABLEAU 1. : Ordre de grandeur des surfaces des prises, du schorre, de la slikke à l'embouchure de la Somme (1776-1974) d'après les cartes.

On observe donc un accroissement de l'indice I, qui a triplé depuis 1898 : l'importance de la poldérisation (digue "du chemin de fer" dans la vallée - 1911 -, prises au Sud du Marquenterre - 1960-1976 - et au Sud du Crotoy - 1965 -) peut être rendue responsable de cette progression des schorres. Il faut cependant noter d'une part que les prises du XIX^e siècle ne semblent pas avoir eu les mêmes conséquences, et d'autre part que les cartes mettent en évidence une réduction de surface du bas estran. En aval d'une ligne Saint-Valery - Le Crotoy, la comparaison des cartes de HERAUD et de l'IGN montre que près de 7 km² d'estran (soit le dixième) ont disparu depuis un siècle : ce mouvement est dû au pivotement progressif de l'ensemble de ce littoral d'accumulation pour se disposer orthogonalement aux houles dominantes d'Ouest. Cette érosion du bas estran laisse à penser qu'une partie des sédiments que la mer apporte actuellement étaient

précédemment stockée dans la zone des basses mers. Le L.C.H.F. montre, que d'après les cartes du SHOM et ses propres levés, le volume sédimenté dépassait le volume en bas de l'estran.

Les méthodes cartographiques, qui ne permettent guère de remonter au-delà du XVIII^e siècle, restent cependant assez criticables en raison de leur fiabilité variable et de l'incertitude de leurs limites. Les différences des projections (cartes marines et cartes terrestres) et des échelles rendent l'utilisation assez délicate : les échelles varient du 1/60000 à 1/100000, et les essais de réduction photographique de l'une à l'autre ont été infructueux. Le procédé de planimétrie avec papier millimétré est lui-même très approché, et les limites retenues le plus souvent peu nettes sur les cartes : limite schorre-slikke sur les cartes marines, limite des basses mers sur les cartes terrestres. Par contre, d'une carte à l'autre le tracé des digues présente une meilleure fiabilité.

D'une façon générale, les limites sont d'autant moins exactes que la carte est plus ancienne et le milieu inaccessible : les cartes des wadden sont donc le plus souvent très médiocres. Les valeurs de I ne peuvent donc être qu'approchées. F. VERGER (1968, p. 323) indique 17 comme valeur pour la baie de Somme, avant 1965.

Les difficultés d'accessibilité des wadden peuvent être résolues par l'emploi de photographies aériennes ou de données de télédétection, documents récents, intrinsèquement spatiaux comme les cartes, mais sur lesquelles la limite inférieure des wadden est le plus souvent immergée.

2. LES METHODES RECENTES

2.1. Les photographies aériennes : progression des schorres

L'étude des photographies aériennes réalisées, depuis une quarantaine d'années, permet une étude moins approximative du rythme de la sédimentation : le passage de la slikke au schorre en particulier peut être suivi avec précision. Si, en Charente Maritime la progression du schorre devant Brouage semble assez peu active (F. VERGER, 1968, p. 106 ; R. REGRAIN, 1979, p. 108), les wadden de l'amont de la Baie de Somme ont été littéralement envahis par la végétation. Les croquis d'interprétation établis par J. RUDELLE pour le Schéma d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer du littoral picard (S.E.B.S., 1978) montrent qu'entre 1939 et 1975, la progression annuelle du schorre a atteint :

	1939	1947	1971	1975
ha/an	5,5	2,5	13,5	

TABLEAU 2 : Progression annuelle du schorre (mollière) en amont de Saint Valery (J. RUDELLE, d'après les photographies aériennes).

L'horizontalité du schorre permet de considérer les photographies aériennes, au moins dans leur partie centrale, comme des cartes, et les erreurs dans la mesure des surfaces sont donc assez réduites*. Toutefois la progression du schorre s'effectue aussi par recyclage de matériaux érodés sur les berges des chenaux : son accroissement total peut être légèrement inférieur à la somme des accroissements annuels durant les quarante dernières années.

* L'appareil de traitement d'images A.R.I.S.T.I.D.E. (J. RUDELLE, Y. DEMARCO, 1978) permet de mesurer automatiquement la surface couverte par le schorre.

2.2. Les données de télédétection : schorres et slikkes

Les enregistrements de données de télédétection par satellites survolant régulièrement la même région permettent de suivre de façon plus rapide la progression de la sédimentation sur les wadden.

2.2.1. Les contraintes générales

Les données corrigées peuvent être traitées à des échelles voisines du 1/200000 par des procédés photographiques simples, du 1/100000 au 1/50000 par des procédés utilisant les traitements électroniques d'images, du 1/50000 pour les procédés de cartographie automatique (Y. DEMARCQ, R. REGRAIN, J. RUDELLE, 1979).

A de telles échelles, il est nécessaire que l'ordre de grandeur des variations entre deux enregistrements soit d'au moins quelques éléments d'images (ou pixels) pour que la comparaison des données soit possible. Pour Landsat, le pixel mesure 79 x 57 m mais pour les futurs satellites - SPOT en particulier - il aura des dimensions plus réduites, et les régions à la sédimentation moins active (wadden charentais par exemple) pourront ainsi être étudiées.

La contrainte principale est due à la marée, dont le rythme est différent de celui des passages du satellite, et donc des enregistrements effectivement utilisés. En Charente Maritime par exemple, en cinq ans près de 150 passages ont donné lieu à une trentaine d'enregistrements seulement, correspondant à des phases diverses de la marée (FRALIT, 1979, p. 24 ; R. REGRAIN, 1979, p. 348).

Grâce aux enregistrements dans l'infrarouge, il est possible de mettre en évidence la ligne d'eau instantanée, qui correspond grossièrement à une isohypse (F. VERGER, 1977, p. 44) au moment même de l'enregistrement. La comparaison de données recueillies à deux dates successives doit faire apparaître les changements intervenus dans l'intervalle (F. VERGER, G. JOLY, 1976).

2.2.2. Une carte infographique diachronique de la Baie de Somme

La carte infographique diachronique (figure 1) compare les données du 12 Juin 1975 (marée montante, BM - 1h42 de coefficient 88) et du 07 Juin 1976 (marée descendante, BM - 1h46 de coefficient 62) à Cayeux.

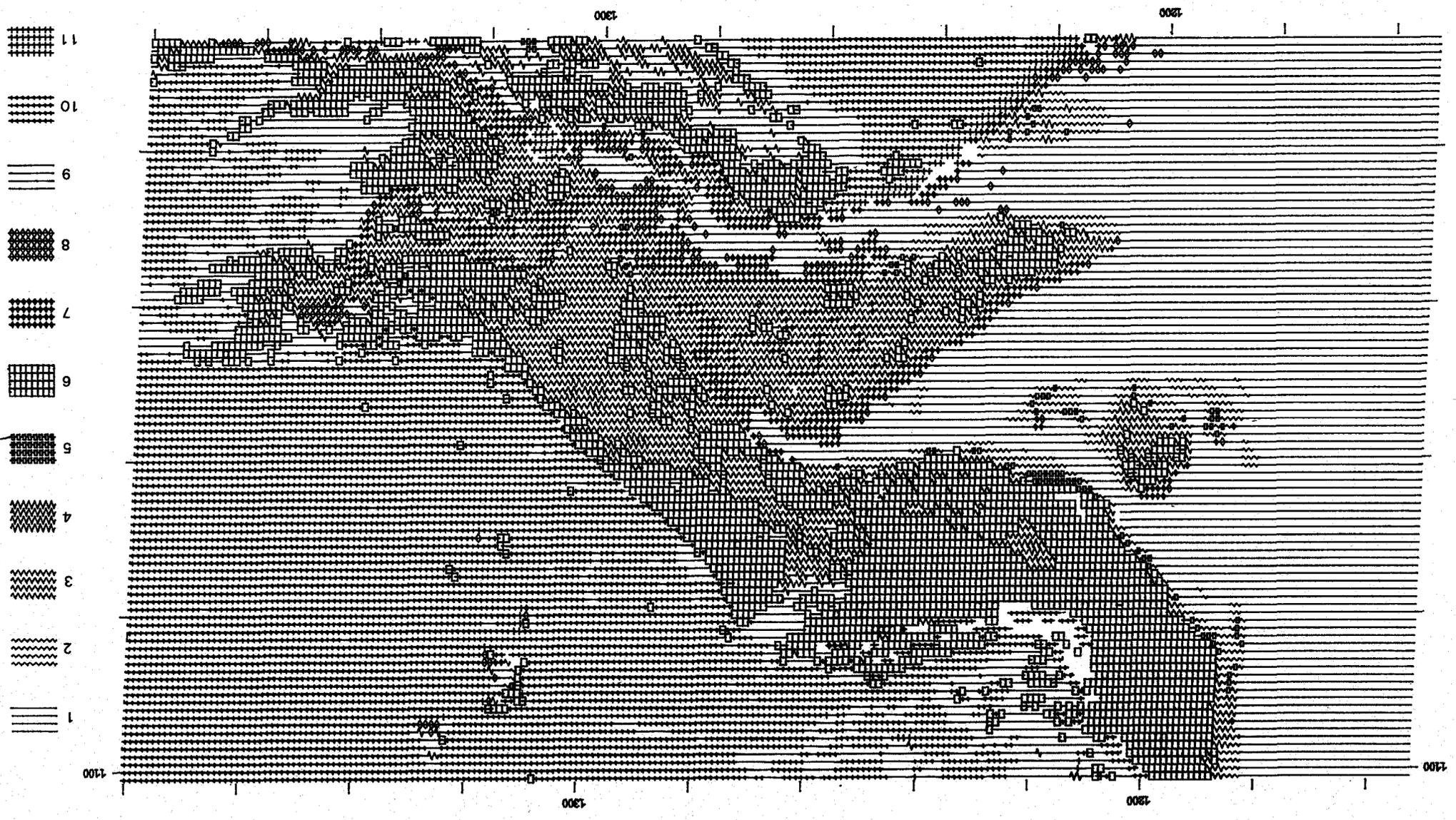
Le signe 1 (tirets, à l'Ouest) identifie les zones recouvertes par la marée aux deux dates, partie du bas estran, chenal de la Somme au Sud, ancien chenal en voie de colmatage au Nord.

Les signes 2, 3, 4 et secondairement 5 caractérisent des parties de l'estran mouillées en 1975 et en 1976; les signes 6, 7 et 8 la partie moyenne de l'estran : haut de plage en 6, non recouvert par la marée de coefficient 62 du 7 Juin 1976 ; les signes 9, 10 et 11 identifient les zones couvertes de végétation, ouverte en 9 entre les touffes pionnières de la haute slikke (au Sud-Est) ou sur les dunes (au Nord), plus continue sur le schorre en 10 ou dans les marais en 10, 11 (Marquenterre du Nord-Ouest, Bas-Champs au Sud).

La comparaison systématique des niveaux prévus des marées aux deux dates a permis de formuler l'hypothèse que les signes 3, 6 et secondairement 2 et 5 avaient dû voir leur altitude croître entre Juin 1975 et Juin 1976 ; ces hypothèses ont été confirmées par des profils densitométriques réalisés sur les mêmes images (Y. DEMARCQ et J. RUDELLE, avec Aristide), et surtout par les observations ponctuelles des marins et des baliseurs des Ponts et Chaussées.

Grâce à la carte infographique diachronique, il est donc possible de mettre en évidence des changements de formes survenues dans les régions d'accès difficile que sont les wadden, à une échelle de temps incomparablement plus courte que par les photographies aériennes ou par les cartes. Mais de tels essais ne représentent, qu'un stade préliminaire, si l'on veut véritablement estimer l'importance du rythme du remblaiement.

FIGURE 1. : Carte infographique diachronique FRALIT de la Bate de Somme (12 Juin 1975, 7 Juin 1976).



2.2.3. Observations méthodologiques

Cet essai repose sur des hypothèses simplifiantes quant à la superposition des lignes de balayage, aux cotes de la marée et aux formes de relief des wadden, dont il faut maintenant discuter.

La comparaison d'enregistrements de dates différentes a été effectuée par superposition ligne à ligne, chaque ligne ayant été calée ("manuellement") grâce à des paysages particuliers repérables sur la carte et sur les visualisations : carrières en eau, ports, etc... Par suite des variations des paramètres de l'orbite au cours de la vie du satellite, les lignes de balayage ne sont pas rigoureusement superposables, il en est de même pour chacune des taches élémentaires. Une solution satisfaisante de ce problème réside dans la réduction des coordonnées de chaque enregistrement à un système de références cartographiques constant. Sur le Marais Poitevin, par exemple, l'équipe FRALIT vient d'utiliser le carroyage Lambert comme "référentiel cartographique" (Equipe FRALIT, 1979, pp 35- 37) : des cartes diachroniques ainsi rectifiées permettront l'évaluation précise des surfaces ayant connu des modifications.

Les changements d'altitude de la slikke sont appréciées à partir des hauteurs prévues de la marée. Si l'heure précise de passage du satellite peut être légèrement différente de l'heure prévue, les cotes atteintes par la marée sur les wadden peuvent s'écarter de plusieurs décimètres des hauteurs mesurées dans les ports, comme elles varient entre ports voisins : 15 cm en marée moyenne entre Le Hourdel et Saint Valery par exemple. D'aussi faibles dénivelées suffisent pour fausser la surface des wadden couverts par la marée de plusieurs hectares (il en est de même de l'effet du vent). Tout ceci ne peut donc qu'inciter à la plus grande prudence dans l'interprétation d'une telle carte.

Enfin les distinctions entre zones des wadden sont fondées ici sur la réflectance dans l'infra rouge, témoin de la présence d'une pellicule d'eau superficielle. Or l'existence de sillons entre les mégarides, de flaques au milieu des bancs, de zones où les chenaux d'égouttement sont plus fréquents (F. VERGER, 1977) peut amener à considérer comme relativement déprimées parce que plus humides des zones dont l'altitude moyenne serait en réalité plus élevée.

Le contrôle au sol est donc tout à fait indispensable, en particulier par les méthodes décrites par A. GUILCHER (1979) ; il peut parfois être complété par des missions aériennes à marée basse de l'IGN (R. REGRAIN, 1977), des survols répétés en avion d'aéroclub. Dans les wadden de la Baie de Somme, il reste incommode et dangereux, surtout sur le bas estran. Aussi fonde-t-on beaucoup d'espoirs sur les moyens de transport comme l'aéroglesseur, dont la Station d'Etudes en Baie de Somme vient de se doter.

L'évolution dans l'espace des marais et wadden peut être suivie à l'échelle du siècle grâce aux cartes, de la décennie grâce aux photographies aériennes, de l'année grâce aux données de satellites. L'ensemble de ces méthodes utilisables à des échelles différentes et de précision variée, permettent une connaissance plus complète des rythmes de la sédimentation dans des zones difficilement accessibles comme les wadden. Les données de télédétection, contrôlées au sol grâce à des moyens modernes de transport, permettront sans doute un "suivi" plus efficace et quantitatif des phénomènes de sédimentation littorale.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULAIN J. - 1978 - Les unités cartographiques en pédologie. Analyse de la notion de génon. *Sci. sol, Bull. Ass. Fr. Et. Sols*, n° 1, pp 15-30.
- DALLERY P. - 1955 - Sur la Côte d'Opale. Les rivages de la Somme. Autrefois, aujourd'hui, demain. *Mém. Soc. Emul. Hist. Litt. Abbeville*, t.9, 308 p., pl. h. t.
- DEMANGEON A. - 1905 - *La Picardie et les régions voisines. Artois, Cambrésis, Beauvaisis*. Paris, A. Colin, 416 p., 3 pl. h.t.
- FRALIT (Equipe) - 1977 - *Téledétection du littoral océanique de la France*. Paris, Coll. Ec. Norm. J. Filles, n° 11, 310 p.
- FRALIT (Equipe) - 1979 - *Téledétection du Marais Poitevin et de ses bordures*. Paris, Coll. Ec. Norm. J. Filles, sous presse.
- GABET C. - 1970-1976 - (Douze publications sur les sites à sels charentais) dans *Roccafertis, Ann. Soc. Sci. Nat. Charente Maritime, Quaternia, Cong. Soc. Sav., Norois...* (Liste in REGRAIN, 1979, p. 436).
- GUILCHER A. - 1979 - Méthodes d'étude d'accrétion et d'érosion dans les marais maritimes d'Europe Occidentale. Coll. de Brest sur les Côtes atlantiques de l'Europe, mai 1979.
- GOULETQUER P. - 1970 - *Les briquetages armoricains, technologie proto-historique du sel en Armorique*. Thèse Etat, Rennes, 189 p.
- HERAUD M. - 1880 - Rapport sur la reconnaissance de la Baie de Somme et de ses abords en 1878. *Rech. Hydr. régime Côtes*, 10^e cahier, Paris, Imp. Nat., 75 p., pl.
- PASSERAT C. - 1910 - *Etude sur les cartes des côtes de Poitou et de Saintonge antérieures aux levés du XIX^e siècle*. Niort, Clouzot, 174 p.
- POLONY M. - 1882 - Objets trouvés dans les fouilles aux environs de Rochefort. *Ass. Fr. avanc. Sci.*, C. R. 11^e session, La Rochelle, pp 648-652.
- PRIGENT D. - 1977 - *Contribution à l'étude de la transgression flandrienne en Basse Loire : apport de l'archéologie*. Thèse Sc. Nat. Univ. Nantes, 177 p.
- REGRAIN R. - 1977 - Photomosaïque et image Landsat de la Baie de Somme. *Photo Interprétation*, t. 14, 77/2, pp 24-30.
- REGRAIN R. - 1979 - *Les marais charentais, essai de géographie physique*. Thèse Etat, Brest, 483 p.
- RUDELLE J., DEMARCQ Y. - 1978 - Techniques de pointe à l'Université de Picardie : A.R.I.S.T.I.D.E.. *Picardie Information*, n° 31, pp 27-29, 1 pl. coul. h.t.
- STATION D'ETUDES EN BAIE DE SOMME - 1978 - *Littoral picard, Schéma d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer. Rapport Géomorphologie*. Saint Valery, 161 p., 4 pl. coul. 2 vol. annexes

VANNERAU M. A. - 1962 - Evolution des cartes du Poitou et de la Saintonge du XV è au XVII è siècle. *Actes 87 è Cong. nat. Soc. Sav.*, Poitiers, sect. Géogr.

VERGER F. - 1968 - *Marais et wadden du littoral français*. Bordeaux, Biscaye imp., 544 p.

VERGER F. - 1977 - L'apport des satellites Landsat à la connaissance du littoral français. *Géomètre*, février, pp 44-50.

VERGER F., JOLY G. - 1976 - Cartographie diachronique à partir des données numériques de Landsat 1. *Photo Interprétation*, t. 13, n° 74/6, pp 7-13.