

Reconnaissance de la limite du rivage de la mer

*Intérêt et potentialité de critères
morpho-sédimentaires et botaniques*

Partager les savoirs



Préambule

La procédure de délimitation du domaine public maritime est à l'origine de la présente publication.

En effet, selon le code général de la propriété des personnes publiques :

article L2111-4

«Le domaine public maritime naturel ... comprend ...,

1° ...le rivage de la mer.

Le rivage de la mer est constitué par tout ce qu'elle couvre et découvre jusqu'où les plus hautes mers peuvent s'étendre en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles ; ...»

article L2111-5

«Les limites du rivage sont constatées par l'Etat en fonction des observations opérées sur les lieux à délimiter ou des informations fournies par des procédés scientifiques...»

article R2111-5

«...Les procédés scientifiques auxquels il est recouru pour la délimitation sont les traitements de données topographiques, météorologiques, marégraphiques, houlographiques, morpho-sédimentaires, botaniques, zoologiques, bathymétriques, géographiques, satellitaires ou historiques.»

Le Cetmef a donc lancé au début des années 2000 une étude sur l'utilisation de critères morpho-sédimentaires et botaniques comme indicateurs de la position du rivage de la mer.

Au-delà d'une utilisation dans une perspective exclusivement domaniale, l'étude permet de mettre en évidence des indicateurs des variations de la position du trait de côte, dans une optique de prévention des risques littoraux et de gestion de la frange côtière.

Cette étude, qui avait été diffusée comme document de travail mais pas publiée, reste donc aujourd'hui très pertinente et mérite une diffusion plus large. Elle fait ainsi aujourd'hui l'objet d'une ré-édition qui bénéficie d'une actualisation des références juridiques.

le directeur du Cetmef par intérim

Olivier Piet



Chantal Bonnot-Courtois
Jacques-Edouard Levasseur
Sophie Denantes

Laboratoire de Géomorphologie et Environnement Littoral
UMR 8586 PRODIG. CNRS, Univ. Paris I, Paris IV, Paris VII, EPHE
15, boulevard de la Mer – 35800 DINARD

Service de Botanique
Université de Rennes 1
Bâtiment 14. Campus de Beaulieu – 35042 RENNES Cedex

Directeur général de l'aménagement, du logement et de la nature
DEB/LM2
Grande Arche de la Défense
Paroi Sud
92055 LA DÉFENSE CEDEX

Sommaire

Remerciements	5
Introduction	6

PREMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. La notion de domaine public maritime	9
I.1.1. Définition en France	9
I.1.2. Exemples à l'étranger	12
I.2. Pratiques de la délimitation	16
I.2.1. Méthode classique	16
I.2.2. Détermination des niveaux atteints par la mer	22
I.2.3. Enquête auprès des services de l'Etat	23
I.3. Typologie géomorphologique des littoraux	29
I.3.1. Les côtes rocheuses à falaise	32
I.3.2. Les côtes sableuses. Plages et dunes littorales	47
I.3.3. Les côtes basses en sédimentation	63
I.3.4. Les littoraux aménagés	74
I.4. Organisation générale de la végétation littorale	77
I.4.1. Les étages littoraux fondamentaux	77
I.4.2. Les côtes rocheuses	90
I.4.3. Les côtes meubles	92
I.4.4. Les côtes basses en sédimentation	96

DEUXIEME PARTIE

ANALYSE DE SITUATIONS CARACTERISTIQUES

II.1. Étude de cas sur le littoral français métropolitain	105
II.1.1. Côtes à falaises	105
II.1.2. Côtes meubles	118
II.1.3. Côtes basses en voie de colmatage	129
II.1.4. Exemples d'équivalences latérales de niveau	139
II.2. Analyse de cas réels de délimitation	143
II.2.1. Côtes sableuses	143
II.2.2. Côtes basses, lagunes côtières	147
II.2.3. Estuaire	153
II.3. Autres approches méthodologiques	159
II.3.1. Etude historique de l'évolution du trait de côtes	159
II.3.2. Analyse statistique des niveaux extrêmes	165
II.3.3. Apport de prises de vue aériennes	168
II.3.4. Indicateur accidentel .	169
Synthèse et conclusion	176
Glossaire	185
Références bibliographiques	188
Liste des illustrations	195

Remerciements

Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans la collaboration de nombreuses personnes qui sont intervenues à divers niveaux dans la mise en œuvre du programme, au cours de la réalisation de cette étude et pour la mise en forme du document final. Nous tenons à citer tout particulièrement :

- au CETMEF, Ghislain RIEB, Nathalie METZLER et Joël L'HER, qui ont participé à l'élaboration du programme et suivi son déroulement, mettant à notre disposition les documents les plus récents sur le sujet.
- à la DTMPL, Madame D. CLOSIER et Monsieur E. VERNIER qui nous ont permis de mieux orienter ce travail par nos constructifs échanges de vues.
- dans les services maritimes de la DDE où nous avons pu recueillir les renseignements sur les délimitations. Nous avons pu rencontrer Madame L. MORINEAU dans le Morbihan, Monsieur W. PROUST et Madame PETIT en Charente Maritime, Monsieur P. BOUYE à Arcachon et l'équipe de Monsieur JAUMARD à Sète.
- dans les universités, les collègues spécialistes des différentes façades côtières ont largement guidé notre démarche qui a bénéficié plus spécifiquement de la collaboration de Stéphane COSTA (Université de Caen), Paul FATTAL (Université de Nantes), Jean-Paul BARUSSEAU (Université de Perpignan) et Andrée DAGORNE (Université de Nice).
- le survol basse altitude n'a pu être réalisé que grâce à la collaboration de André HUMBERT, Professeur à l'Université de Nancy, non seulement pilote mais aussi géographe analyste minutieux des paysages. Au cours de ce vol, les prises de vues ont été effectuées par Chantal BONNOT, Benoît DEFFONTAINES, Jérôme FOURNIER et Jeannine LE RHUN, avec les caméras numériques du laboratoire CNRS Image Média de Meudon.
- au sein du Laboratoire de Géomorphologie et Environnement littoral, tout particulièrement Alain DREAU, pour son efficacité et sa maîtrise du traitement des images du document final, ainsi que Jérôme FOURNIER, Monique LE VOT et Hélène GLORIA pour leur aide tout au long du déroulement de l'étude.

Que toutes ces personnes trouvent ici l'expression de nos très sincères remerciements pour leur enrichissante et efficace collaboration.

Introduction

La notion de littoral a été précisément analysée par PINOT (1997) qui décrit remarquablement les traits fondamentaux d'un système littoral de la façon suivante :

«*La côte, rencontre de deux mondes et naissance d'un troisième*». Les facteurs d'évolution que l'on rencontre en domaine submergé et ceux du domaine émergé s'ajoutent et s'affrontent sur le littoral, mais il y existe également des agents spécifiquement côtiers, liés à la rencontre de la surface de la mer (interface air-eau, caractérisé par une agitation spécifique) et de la surface du sol (interface fluides-solides qui subit l'attaque liée à l'agitation spécifique).

«*La côte, domaine de l'éphémère*». L'évolution est très rapide, souvent réversible, et les situations observées ne durent guère. Même l'emplacement actuel du rivage est un fait récent de telle sorte qu'aucun équilibre n'est encore atteint.

«*La côte, domaine de l'alternance*». Dans tous les domaines et à toutes les échelles, les phénomènes côtiers sont caractérisés par l'alternance, entre le sec et l'humide, entre le chaud et le froid, entre le doux et le salé, entre le calme et l'agitation la plus extrême. Ce qui paraît, à un moment donné, une situation acquise, peut être remis en question soudainement, d'où le caractère imprévisible d'une bonne part de l'évolution.

«*Une bande, pas une ligne, de contact*». Le littoral n'est pas une ligne de contact entre le monde terrestre et le monde marin. On passe assez progressivement d'un monde à l'autre et le système littoral se compose de l'estran proprement dit auquel il faut ajouter une bande terrestre, marquée par la proximité de la mer, et aussi une bande marine, marquée par la proximité de la terre.

«*Le littoral, reflet des deux mondes qu'il sépare*». Les caractères d'un littoral dépendent de ceux des terres qu'il borde, structure, lithologie, climat, êtres vivants, mais également de ceux de la mer qui le borde (propriétés physico-chimiques et mouvements de l'eau, disposition du précontinent).

F. VERGER (1968) propose une définition du littoral à partir du trait de côte qui correspond à la ligne atteinte par les plus hautes eaux par temps calme, c'est-à-dire, en France, côté terre, à la limite du rivage de la mer.

Ce trait de côte est toujours supérieur au zéro du nivellement général de la France (proche du niveau moyen de la mer).

L'estran, zone couverte et découverte à chaque marée, s'étend entre le trait de côte et la laisse des plus basses mers qui correspond globalement au zéro hydrographique. Cette zone intertidale est un milieu sédimentologiquement dynamique qui interagit étroitement avec les milieux voisins de l'avant-côte, côté mer, et de l'arrière-côte, côté terrestre.

Les limites du système littoral sont difficiles à définir tant que les échanges avec le milieu extérieur, caractérisé par une morphogenèse typiquement marine d'un côté ou typiquement continentale de l'autre, demeurent importants. «*les frontières du système littoral pourront être caractérisées par une brusque diminution du rôle des échanges, par une discontinuité dans le volume des transferts d'énergie ou de matériaux*» (PINOT, 1997).

En ce qui concerne la limite des systèmes littoraux vers l'intérieur des terres, la géomorphogenèse marine directe s'exerce bien au-delà du niveau atteint par les pleines mers de grande vive-eau, par temps calme, et donc dépasse la limite supérieure du rivage de la mer, côté terre. Il s'agit des zones balayées par les vagues de tempête, des aires soumises à la déflation éolienne

et sur lesquelles les vents de mer apportent des sédiments marins, ou encore des secteurs où les embruns parviennent régulièrement et qui ont une influence directe sur la couverture végétale. Cette frange littorale où s'exerce la morphogenèse continentale est encore soumise aux actions dynamiques marines et l'évolution de la côte est influencée par l'interaction des deux processus de telle sorte qu'une définition précise et surtout figée de la limite du Domaine Public Maritime reste problématique.

Le code de l'environnement définit le littoral comme «une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur», politique d'ailleurs déclinée dans le titre II de son livre III (article L321-1, issu de la codification de l'article 1 de la loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, dite loi Littoral).

Cette étude a pour objectif d'analyser la faisabilité d'utilisation de critères «naturalistes» et «physiographiques», d'ordres morpho-sédimentaire et botanique comme outils de reconnaissance du niveau atteint par les plus hautes eaux.

Une première partie résume les pratiques actuelles de la délimitation selon les dispositions du code général de la propriété des personnes publiques (articles L 2111-4, L 2111-5 et R 2111-4 à R 2111-14) et présente une synthèse bibliographique des grands types géomorphologiques de côtes naturelles et aménagées ainsi que l'organisation générale de la végétation littorale. Ces données théoriques, multicritères, sont ensuite confrontées aux observations de terrain menées au cours de l'année 2001 sur les différentes façades côtières en France métropolitaine afin de dégager les caractères morpho-sédimentaires et botaniques pouvant être considérés comme représentatifs de la limite supérieure de la frange littorale.

Enfin, la comparaison avec des cas réels de délimitation et la proposition d'autres approches méthodologiques permettront de déterminer la pertinence de certains critères et les limites de leur utilisation.

PREMIERE PARTIE

Synthèse bibliographique

I.1. La notion de domaine public maritime

I.1.1. Définition en France

Le domaine public maritime représente un élément important de l'espace littoral, et définit "*le champ d'application d'un régime juridique, et non les limites d'une circonscription spatiale*" (PRATS, 1978 in TANGUY, 1988). Un inventaire des thèmes et des objets géographiques de référence en domaine littoral marin a été réalisé conjointement par un groupe de travail SHOM – IFREMER (ALLAIN et al., 2000) et propose des définitions précises des terminologies utilisées en géographie maritime, hydrodynamique et hydrologie, activités humaines et usages ainsi qu'en ce qui concerne l'administration et la réglementation.

D'un point de vue juridique, le domaine public maritime, en tant que «domaine public», est constitué des biens appartenant à une personne publique qui sont, soit affectés à l'usage direct du public (comme les rivages), soit affectés à un service public (le service public balnéaire par exemple) pourvu qu'en ce cas ils fassent l'objet d'un aménagement indispensable à l'exécution des missions de ce service public (aménagement portuaire), conformément à l'article L 2111-1 du code général de la propriété des personnes publiques (code créé par l'ordonnance n° 2006-460 du 21 avril 2006).

Le domaine public maritime comprend le domaine public maritime naturel de l'Etat et le domaine public maritime artificiel.

A) Le domaine public maritime artificiel est constitué, conformément à l'article L 2111-6 du code général de la propriété des personnes publiques :

«1° Des ouvrages ou installations appartenant à une personne publique [Etat, collectivités territoriales et groupements ou établissements publics], qui sont destinés à assurer la sécurité et la facilité de la navigation maritime ;

2° A l'intérieur des limites administratives des ports maritimes, des biens immobiliers, situés en aval de la limite transversale de la mer, appartenant à une personne publique [cf 1°] et concourant au fonctionnement d'ensemble des ports maritimes, y compris le sol et le sous-sol des plans d'eau lorsqu'ils sont individualisables».

B) Le domaine public maritime naturel de l'Etat, conformément à l'article L 2111-4 du code général de la propriété des personnes publiques. Il se compose des éléments suivants :

1° Le sol et le sous-sol de la mer entre la limite extérieure de la mer territoriale et, côté terre, le rivage de la mer.

- **Le rivage de la mer**, c'est-à-dire l'estran ou encore zone intertidale alternativement couverte et découverte par la marée, est «constitué par tout ce qu'elle couvre et découvre jusqu'où les plus hautes mers peuvent s'étendre en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles », par référence à l'arrêt Kreitmann (Conseil d'Etat, 12 octobre 1973).

Cette notion de perturbations exceptionnelles a été précisée par la Cour administrative d'appel de Lyon (12 mars 1991, Funel), implicitement confirmée par le Conseil d'Etat (26 janvier 1994, Funel) : « un vent de force 8 sur l'échelle de Beaufort n'est pas caractéristique d'une perturbation exceptionnelle ». C'est donc plutôt un vent de force 10 qui peut être regardé comme exceptionnel.

Toutefois, plutôt que l'intensité de la vitesse de vent, le critère de la fréquence de la submersion peut être privilégié pour déterminer l'existence ou non de perturbations exceptionnelles (CAAM 18 novembre 2005 Maisani).

- **Le sol et le sous-sol de la mer territoriale** ; jusqu'à 12 milles marins à partir des lignes de base retenue pour la délimitation des eaux territoriales par la loi du 24 décembre 1971, comme précisé par l'article R 2111-4 du code général de la propriété des personnes publiques. Antérieurement, la largeur des eaux territoriales était de 3 milles marins correspondant à une portée de canon. Les lignes de base de la largeur territoriale sont la laisse de basse mer ainsi que les lignes de base droite et les lignes de fermeture des baies qui sont déterminées par décret. Les différentes lignes de base correspondent à 3 types de côtes :

- pour les côtes rectilignes la ligne de base normale est la laisse de basse mer qui longe les côtes et que l'on retrouve sur les cartes marines ;
- pour les côtes présentant des échancrures et indentations ou un chapelet d'îles près du rivage, on utilise les lignes de base droites
- lorsqu'il y a des baies, les lignes de base sont les lignes de fermeture des baies.

2° Le sol et le sous-sol des étangs salés en communication directe, naturelle et permanente avec la mer». Baies à étroite entrée (lagunes côtières des géographes), ces étangs relèvent de la domanialité publique sous trois conditions :

- outre cette «communication directe, naturelle et permanente avec la mer»,
- ils doivent contenir des eaux salées, mais il n'est pas nécessaire que la salure soit totale ou permanente,
- l'étang doit être peuplé de poissons de mer, mais il peut néanmoins contenir des poissons d'eau douce.

3° Les lais et relais de la mer :

- a) Qui faisaient partie du domaine privé de l'Etat à la date du 1er décembre 1963, sous réserve des droits des tiers ;

b) Constitués à compter du 1er décembre 1963.

Pour l'application des a et b ci-dessus dans les départements de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique et de La Réunion, la date à retenir est celle du 3 janvier 1986.

- **Les lais de mer** sont constitués par les terrains formés par les alluvions que la mer dépose sur un littoral et qui émergent au-dessus du niveau atteint par le plus haut flot ; et **les relais de la mer** formés par les terrains que la mer laisse à découvert et que ne recouvre plus le plus haut flot. Ainsi, les cordons littoraux ou les flèches sableuses (les lais) mis en place sous l'action de la dynamique sédimentaire littorale et les anciens rivages de la mer et marais maritimes (les relais) abandonnés par la mer ne sont plus soumis à l'action périodique des marées.

Jusqu'à la loi de 1963, les lais et relais de la mer étaient considérés comme des dépendances du domaine public ou privé de l'Etat qu'ils aient été créés sous l'effet d'actions naturelles et/ou anthropiques. La loi de 1963 a étendu le DPM du fait de l'incorporation des lais et relais de mer.

Depuis la création du code général de la propriété des personnes publiques en 2006, les lais et relais de mer sont désormais partie intégrante du domaine public maritime naturel de l'Etat, dans le respect du droit des tiers, sans qu'il soit besoin de les incorporer par arrêté préfectoral.

Certains auteurs et certaines décisions juridictionnelles ont classé les dunes littorales dans les lais et relais de la mer, contrairement à d'autres qui considèrent que les dunes ne sont pas exclusivement liées à l'action de la mer, et sont surtout d'origine éolienne. Dans ce cas, si elles ne peuvent être considérées comme des lais et relais de mer, les dunes n'appartiennent pas en principe au DPM mais doivent être soit des dépendances du domaine privé de l'Etat ou de communes, soit des propriétés privées (DUFAU, 1987 ; Calderaro, 1993).

- 4° Les terrains réservés en vue de la satisfaction des besoins d'intérêt public d'ordre maritime, balnéaire ou touristique et qui ont été acquis par l'Etat ;

Les terrains soustraits artificiellement à l'action du flot demeurent compris dans le domaine public maritime naturel sous réserve des dispositions contraires d'actes de concession translatifs de propriété légalement pris et régulièrement exécutés » (article L 2111-4 du code général de la propriété des personnes publiques).

- 5° Outre-mer, relève aussi du domaine public maritime naturel de l'Etat la zone dite «des cinquante pas géométriques», réserve domaniale bordant le littoral constituée par une bande de terrain délimitée dans les départements de La Réunion, de la Guadeloupe et de la Martinique.

Dans le département de la Guyane, elle présente une largeur de 81,20 mètres comptée à partir de la limite du rivage de la mer, conformément aux articles L 2111-4, 4° et L 5111-1 à L 5111-4 du code général de la propriété des personnes publiques. Ces dispositions s'appliquent sous réserve des droits des tiers à la date du 5 janvier 1986.

Depuis l'ordonnance de la marine de 1681, dite ordonnance de Colbert (abrogée en 2006) jusqu'à la loi Littoral de 1986 et au code général de la propriété des personnes publiques paru en 2006, les textes législatifs et la jurisprudence relatifs au Domaine Public Maritime ont fait l'objet de très nombreuses études et publications (QUERRIEN, 1972 ; MARCELLIN, 1985 ; TANGUY, 1988 ; MIOSSEC, 1998 ; REZENTHEL, 1991 ; C.G.P.C. 1992 a et b ; COULOMBIE et REDON, 1992 ; HOSTIOU, 1986) dont la synthèse ne rentre pas dans le cadre de ce travail.

L'objectif de cette étude concerne spécifiquement la recherche de critères naturalistes, d'ordre morpho-sédimentaire et botanique, de reconnaissance de la limite supérieure atteinte par les plus hautes mers.

I.1.2. Exemples à l'étranger

Aux Etats-Unis, le régime juridique des rivages de la mer dans le droit américain a été analysé par GUILLERMIN (1991) et peut se résumer ainsi. La situation actuelle est le résultat de deux ensembles de décisions : les premières résultant de différents arrêts de la Cour suprême des Etats Unis, suite à un contentieux développé par trois états côtiers ; les secondes, issues d'une législation venant du Congrès qui établit cinq actes fondamentaux intéressant le domaine maritime.

- *La jurisprudence historique* porte sur le statut de la mer territoriale, la consistance des eaux intérieures et le problème de la limite des marées. Cette jurisprudence est complexe dans la mesure où les Etats qui se sont fédérés, ou qui ont rejoint plus tard l'Union, selon qu'ils étaient colonies ou indépendants, avaient, pour ces derniers, des droits souverains sur leur mer territoriale.

Le problème était finalement de savoir quelle était la répartition des compétences respectives de l'Etat fédéral, seul doté d'une souveraineté nationale, et des Etats "côtiers" sur à la fois l'estran et les zones situées en avant. La présence de ressources d'hydrocarbures sur le plateau continental n'est pas étrangère au contentieux développé par la Californie, la Louisiane et le Texas qui demandent à l'Etat fédéral de préciser le statut des terres immergées proches du rivage.

La conclusion est simple : si la souveraineté d'un Etat côtier est reconnue et toujours admise sur les eaux intérieures et la zone de balancement des marées, l'Etat fédéral considère que la bande des trois miles, au-delà du niveau des hautes mers "ordinaires", relève de sa compétence. Or, le problème récurrent est celui de la reconnaissance physique et technique de la frontière entre les eaux territoriales de chaque Etat et celles de la Nation.

- *La législation du Congrès*

La jurisprudence de la Cour Suprême jusque dans les années 1950, n'ayant pas satisfait les trois états concernés, une phase législative débute alors. Entre 1953 et 1972, cinq actes fondateurs (Submerged Lands Act, Outer Continental Shelf Act, Coastal Management Act, Clean water Act, Marine Protection Research and Sanctuaries Act) établissent le droit positif actuel. Le fait important est

que cette législation renverse radicalement la jurisprudence antérieure, sans toutefois remettre en cause les modalités de la délimitation des différentes zones conflictuelles.

Le Submerged Land Act pose les définitions permettant de délimiter le domaine maritime de l'Etat côtier. Celui-ci s'étend, côté terre, depuis la ligne représentant le niveau moyen des marées hautes, jusqu'à une ligne située à 3 miles de la ligne de côte. Cette distance des 3 miles peut être éventuellement augmentée, dans le cas où, lors de son entrée dans l'Union, l'Etat disposait d'une mer territoriale plus étendue. Ici encore, la ligne de côte est définie comme la laisse de basse mer "ordinaire", et délimite les eaux intérieures et la mer territoriale de chaque Etat.

Le terme "ordinaire" reprend la règle coutumière et fédérale en la matière : il est considéré comme équivalent au terme moyen, pris au sens de moyenne des basses mers sur la période d'un Saros (18,6 ans).

En conclusion, il apparaît que les premiers actes législatifs instituent un zonage en eaux intérieures, eaux territoriales et plateau continental. Si l'on rapproche la jurisprudence et certains de ces textes législatifs, on définit un domaine public maritime des Etats Unis qui, formellement, s'étend depuis la laisse de haute mer moyenne (Mean High Tide), limite coutumière de la propriété privée, jusqu'à une profondeur de 600 pieds.

Sur ce domaine public, la bande qui s'étend de la laisse des hautes mers moyennes jusqu'à la limite des trois miles relève de l'Etat côtier, ce qui se passe au-delà relevant de l'Etat fédéral.

Enfin, à l'intérieur du domaine d'un Etat, on distingue les eaux intérieures et la mer territoriale. La ligne de délimitation servant à mesurer la largeur de la mer territoriale est la laisse de basse mer "ordinaire" ou "moyenne".

Toujours aux **Etats-Unis**, MORTON et SPEED (1998), font le point sur l'évaluation des lignes de rivage et des limites légales définies à partir des niveaux de marée le long des plages sableuses. La problématique des auteurs est la suivante : "une ligne de rivage instantanée, définie à partir de l'examen de photographies aériennes, a-t-elle une valeur quelconque quant à la reconnaissance de la limite légale entre le domaine de l'Etat (ici l'Etat du Texas -U.S.A.) et les domaines privés terrestres ?" En d'autre terme, que vaut une délimitation à très court terme (une marée) par rapport à ce que d'autres paramètres, plus intégrateurs et portant sur une plus longue durée d'observation, apportent comme informations vis-à-vis de ce problème, la condition étant que le résultat soit stable et représentatif.

En réalité, le niveau instantané des eaux ne peut pas être corrélé avec d'autres caractères telles la limite ou la morphologie d'une base de falaise ou autre discontinuité morphologique et l'apparition d'une végétation à caractère continental. MORTON et SPEED (1998) démontrent que les données recueillies par des marégraphes ou lues sur des échelles de marée sous-estiment systématiquement les niveaux réels atteints et ceci avec d'autant plus d'écart que la pente des plages sableuses est plus faible. L'écart entre ces deux types d'observations, reliées exclusivement aux niveaux d'une même marée, peut se traduire par un décalage «horizontal» de plus de 4 m linéaires dans le cas d'une plage très peu décline.

Ces écarts s'accroissent avec la saison. Ils augmentent d'autant plus que l'on s'intéresse à des littoraux soumis à des régimes marégraphiques de plus en

plus microtidaux, une surcote en domaine microtidal est proportionnellement plus importante que la même variation en domaine macrotidal.

Selon les auteurs, une réponse fiable à la question posée ne peut venir que d'observations basées sur le long terme, le plus important étant de distinguer les mouvements tendanciels de la ligne de rivage, afin de lisser les variations induites par des fluctuations à court terme.

Plus précisément, l'objectif de l'étude est de chercher à lier les positions horizontales de la ligne de rivage et de la topographie en intégrant i) la physiographie de la plage, ii) le niveau des hautes mers moyennes de vive-eau, et le repérage des lignes de rivage instantanées, celles-ci étant alors comparées, en termes altimétriques, avec les données prédictives issues des données des marégraphes voisins.

Le second objectif était de déterminer les variations saisonnières du niveau des HMMVE (*MHHW*) (Hautes Mers Moyennes de Vive Eau, *Mean High High Water*) afin de lier ce niveau moyen, calculé, au profil de plages. Le but final était de savoir si, le niveau moyen des hautes mers (*MHW*, *Mean High Water*), ne bougeait pas ou seulement imperceptiblement durant un cycle Saros de 18,6 ans.

L'utilisation simultanée de ces différents paramètres devrait ainsi permettre de définir, via l'intermédiaire que constitue la reconnaissance de ce niveau moyen des hautes mers de vive-eau (*MHHW*), établi sur la durée, la limite légale du littoral, donc la limite du domaine de l'Etat. Il est en effet démontré que les niveaux d'eau soumis à des conditions météorologiques particulières (vents forts, fréquemment mais pas toujours, associés à des basses pressions), sont habituellement plus élevés que ceux que prédisent les marées astronomiques.

Il est donc nécessaire de trouver une référence qui tienne compte à la fois de la résultante du mouvement des plages mais aussi qui écrête dans le même temps l'effet d'événements météorologiques fortuits.

Dans cette détermination, il est donc important de s'attacher à suivre les variations temporelles (naturelles ou induites) de la morphologie des plages, en y incluant la présence de dunes embryonnaires sur l'estran, mais aussi des escarpements (saisonnalité, commandement), qui constituent des indicateurs pertinents de leur dynamique locale.

Pour MORTON et SPEED (1998), *un des paramètres les plus signifiants vient de l'observation de la limite inférieure de la végétation terrestre*, indicateur biologique qui marque les limites de la zone régulièrement atteinte par les hautes mers et qui, ainsi, constitue un indicateur idéal, et intégrateur, des mouvements de la ligne de rivage, quand bien même, à plus court terme, les mouvements de la végétation peuvent être désynchronisés par rapport aux mouvements de la plage elle-même.

Cependant, il existe toujours deux lignes de végétation le long des plages, l'une, fugace et opportuniste, caractérisée par des espèces à courte vie, au niveau des laisses de marée dont la présence rend compte de la position des lignes de rivage instantanées de l'année précédente alors que la seconde ligne, dominée par des plantes pérennes, reflètent un habitat plus stable, plus constant au-delà duquel le terrain n'est pas affecté par la plupart des vagues de tempête. La présence de marques de «*washover terraces*» (=terrasses de submersion) sur la crête des dunes constituent également un précieux indicateur des mouvements du rivage. Cependant, dans le cas de prés salés bordiers, les auteurs font justement remarquer que la limite inférieure de la végétation est située bien en dessous de la ligne des plus hautes eaux.

Le problème essentiel vient de ce qu'il est difficile d'assimiler une ligne de rivage instantanée avec un niveau moyen des hautes mers de vive eau, la première étant évidemment plus facilement identifiable que la seconde, parce que sa position est conditionnée à la fois par la morphologie de la plage au moment de l'observation, par le niveau de la marée du jour et par les caractéristiques des vagues dans les jours qui ont précédé les observations de terrain ou les prises de photographies aériennes.

En outre, il est nécessaire de replacer cet ensemble d'observations dans le contexte tidal du lieu : il est évident que dans les mers à régime microtidal (où la différence entre les *MHHW* (Hautes Mers Moyennes de Vive Eau, HMMVE) et les *MHW* (Niveau moyen des hautes mers) est inférieure à 7 cm comme à l'Ouest du Golfe du Mexique), ces deux niveaux critiques sont quasi confondus, ce qui peut accentuer, lorsque la pente de la plage est très faible, l'écart entre ces deux lignes. Cette discordance peut alors conduire à léser, soit l'Etat, soit les propriétaires privés.

Finalement, MORTON et SPEED (1998) concluent que, dans le cas des plages, c'est la limite inférieure de la végétation terrestre qui constitue la limite observable (et non calculée) la plus stable car celle-ci est directement liée au régime de submersion associé au niveau haut des eaux. Cette limite est moins sensible aux fluctuations de haute fréquence (journalière, mensuelle) de la morphologie de la plage, car elle répond à des changements de plus basse fréquence liés aux changements de volume de sédiments disponible sur la plage. Aux Etats Unis, la méthode scientifique, acceptée, de détermination des limites légales du domaine des Etats, réside dans l'utilisation d'un niveau moyen issu des données d'échelles de marée et ce sur une période 18,6 ans. Or, pour les auteurs de cet article, ce niveau reste très arbitraire et non représentatif. Cependant la jurisprudence évolue également aux Etats-Unis : une Cour de Floride vient de décider que la position hivernale la plus interne du niveau moyen des hautes eaux pouvait servir de ligne de démarcation entre les domaines public et privé, même si l'écart horizontal entre les deux positions saisonnières de cette même limite peut être important.

Ceci est à rapprocher du concept de domaine maritimo-terrestre tel que l'expose la loi "littoral" espagnole, celle-ci intégrant en outre, les espaces supralittoraux (hors DPM s.s.) submergés lors d'évènements exceptionnels.

En Espagne, la "loi littoral" du 28 juillet 1988 (Titre 1er, Chapitre 1, Article 4) établit le concept de domaine "maritimo-terrestre" qui couvre l'ensemble de l'interface terre-mer, et qui a pour objet de garantir à la fois le caractère public de ces espaces et la conservation de leur caractère naturel. Sont ainsi inclus dans le domaine tous les terrains inondables par les vagues, même celles des plus fortes tempêtes et des plus hautes marées, les infiltrations d'eau de mer, les marais côtiers, les prés salés et les dépôts de sable, de galets et de graviers, ainsi que les dunes.

A cela vient s'ajouter une zone de protection de 100 mètres de large, qui dans certains cas peut être étendue à 200 mètres, où la construction de bâtiments, de routes ou de lignes électriques est interdite (UICN-CPEES, 1998).

I.2. Pratiques de la délimitation

Il existe trois types de délimitation du domaine public maritime, celle du rivage de la mer, celle des lais et relais de la mer et celle de la limite transversale de la mer à l'embouchure des cours d'eau. Voir les articles L 2111-5 et R 2111-5 à R 2111-14 du code général de la propriété des personnes publiques (CGPPP), qui déterminent les trois types de délimitation de ce domaine et précisent les différentes étapes de la procédure de délimitation.

Si l'Etat ne délimite que très rarement son domaine public maritime, des conflits naissent souvent entre propriétaires privés et l'Administration.

En effet, les terres perdues par érosion marine sont intégrées au domaine public maritime ; les terrains délaissés par la mer (lais et relais) y sont également automatiquement intégrés. Lors de l'opération de délimitation, préfet maritime et préfet territorial sont présents afin de défendre leurs intérêts. Côté terrestre, l'enjeu est essentiellement économique, puisque les terres perdues au profit du domaine public maritime correspondent à une amputation de propriété privée.

L'objectif de la délimitation est ainsi d'identifier le rivage, c'est-à-dire la limite entre les propriétés privées particulières ou le domaine privé de l'Etat ou des communes, et celles répondant aux critères de la domanialité publique maritime, dans le but de garantir les droits légitimes des particuliers afin d'éviter les conflits, mais aussi de protéger plus efficacement le domaine maritime en évitant toute construction nouvelle sur le milieu littoral.

I.2.1. Méthode classique

La procédure de délimitation du domaine public maritime est un acte administratif à caractère unilatéral. L'administration fixe elle-même les limites de son domaine, dans le respect toutefois du droit des riverains et après enquête publique. Les propriétaires riverains ont le droit de connaître les limites de leurs propriétés en demandant une délimitation officielle du domaine public maritime.

Dans tous les cas, le domaine public maritime sera délimité par des phénomènes naturels puisque, par définition, il s'agit de fixer la limite d'action de la mer. **Lors des opérations de délimitation, l'administration constate l'existence de certains phénomènes physiques dont elle prend acte.**

Jusqu'en 1986, les limites du rivage étaient constatées en fonction des observations opérées sur les lieux, en se basant sur des opérations de piquetage ou de marquage, et de nivellement lors des plus hautes eaux en dehors de perturbations exceptionnelles. A la procédure habituelle qui est toujours actuellement pratiquée sur les lieux, la loi LITTORAL a ajouté la possibilité d'utiliser des procédés scientifiques : il s'agit des «traitements de données topographiques, météorologiques, marégraphiques, houlographiques, morpho-sédimentaires, botaniques, zoologiques, bathymétriques, photographiques, géographiques, satellitaires ou historiques», conformément à l'article R 2111-5 du CGPPP.

A) Présentation d'opérations de délimitation menées sur le terrain

La limite du domaine public maritime est délicate à établir sur le terrain. Elle varie dans l'espace en fonction des types de côte, mais également dans le temps pour une même côte, en fonction de la morphologie sous-marine, de la direction et de la vitesse des courants, de l'amplitude des houles dominantes, des variations du niveau marin.

Lors de la procédure de délimitation, le service de l'Etat établit un dossier de délimitation comprenant notamment un plan de situation, le projet de tracé, une notice exposant le résultat des observations opérées sur les lieux ou les informations fournies par les procédés scientifiques, et la liste des propriétaires riverains établie à l'aide d'extraits des documents cadastraux délivrés par le service du cadastre ou à l'aide de renseignements délivrés par le conservateur des hypothèques au vu du fichier immobilier.

Ce dossier est ensuite transmis pour avis au maire des communes concernées. En cas de délimitation du rivage de la mer, le préfet maritime est aussi consulté.

Le dossier de délimitation, auquel sont annexés les avis recueillis, est soumis à enquête publique diligentée conformément aux articles R 2111-8 à R 2111-10 du CGPPP et R 123-1 et suivants du code de l'environnement.

Les opérations de délimitation du domaine public maritime ne sont pas menées de façon continue sur l'ensemble du littoral. Il s'agit le plus souvent d'opérations exceptionnelles, ponctuelles, allant de quelques dizaines de mètres linéaires, généralement au droit de parcelles privées dont les propriétaires ont demandé une délimitation officielle, jusqu'à quelques kilomètres au plus.

Plusieurs méthodes ont pu être utilisées pour la délimitation :

- La plus courante consiste à aligner, au moins tous les 100 mètres, des personnes munies de systèmes de marquage : piquets de jalonnement en zone sableuse ou vaseuse, bombes de peinture en zone rocheuse. A l'étable de pleine mer, la commission de délimitation signale aux assistants, par radio ou signal sonore, de marquer la limite supérieure atteinte par le jet de rive, après déferlement. Le géomètre procède ensuite au relevé planimétrique de la limite ainsi constatée.

Cette technique est appliquée ponctuellement: en Guadeloupe par exemple, la direction départementale de l'équipement mentionnait en 1995 que sur les 701 km de linéaire côtier que compte l'archipel, 183 km restaient à délimiter, selon cette méthode ; une opération de ce type était menée également en 1998 sur la commune de Theix (Morbihan) et en 2001 à la Tour du Parc (Morbihan).

A Fréjus (Var), une opération de délimitation a également eu lieu sur la plage du Grand Esca, en Avril 1995 : après constatation des conditions météorologiques "normales", il s'agissait cette fois pour la commission, non pas de jalonner l'endroit exact atteint par le jet de rive, mais de parcourir la plage juste après l'étable de pleine mer et de repérer et jalonner les traces laissées par les plus hautes eaux de vive-eau (laises d'algues mortes, racines de posidonies, dépôts flottants).

Cette même technique a été utilisée à Saint-Briac (Ille-et-Vilaine), en Mars 1983 notamment, en remplaçant toutefois les jalons par un marquage à la peinture.

- TANGUY (1988) signale une nuance de la méthode précédente : il s'agit cette fois d'aligner des soldats du contingent, placés après des calculs précis tous les 10 mètres, "au point jusqu'où les plus hautes mers se peuvent étendre en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles".

Une couverture aérienne permet alors de distinguer le domaine public maritime du domaine privé. Cette méthode est assez peu utilisée, car demande une mobilisation trop importante, et est jugée peu fiable, et pleine d'aléas dans certains contextes géographiques (vasières, marais littoraux...).

Ces méthodes impliquent une prévision des dates où les plus hauts flots sont atteints, ce qui est possible pour la marée théorique, mais ne peut être quantifié lorsqu'interviennent les facteurs de surcote et de houle.

Il a donc été proposé, en 1991, par le Conseil Général des Ponts et Chaussées de "substituer au dispositif actuel une définition probabiliste énonçant que le rivage de la mer comprend tout ce que la mer couvre et découvre avec une période de retour de n années".

- Une autre méthode, retenue par les services du Cadastre, consiste à choisir une altitude "X" comme altitude supérieure du domaine public maritime naturel. Après définition de cette cote, les géomètres parcourent le littoral en respectant toujours la même altitude "X". En cas de dépression dans la dune (brèche par exemple), ils pénètrent à l'intérieur des terres afin de retrouver la cote "X". En revanche, si un cordon dunaire, sans brèche, abrite en arrière une zone humide située en dessous du niveau des plus hautes mers, les géomètres ne chercheront pas à retrouver l'altitude à l'intérieur des terres.

Cette méthode est contestable, d'autant que l'altitude choisie pour délimiter le domaine public maritime en un lieu précis ne vaut pas forcément pour un autre lieu, et que le rivage peut être soit en érosion, soit au contraire en progression au moment de la délimitation.

L'opération de délimitation réalisée à Bormes-les-Mimosas (83) en Mai 1995 sur un linéaire côtier de 260 mètres (donc de façon très ponctuelle) a appliqué cette méthode : jugeant les laisses de très haute mer trop difficiles à repérer, une altitude a été définie à partir de témoignages d'usagers du littoral : selon eux, la mer aurait envahi plusieurs fois le local de l'exploitant de plage à l'Ouest de la plage. La commission de délimitation a donc choisi de fixer la limite du rivage au niveau de l'intérieur du remblai de la partie Ouest de la plage, puis de procéder par similitude d'altitude pour le reste du linéaire à délimiter.

La délimitation au niveau des embouchures est un cas particulier car l'action de la mer se poursuit parfois loin dans les fleuves. La question est de savoir si les parcelles de terrain bordant le lit du fleuve, couvertes et recouvertes par les marées font partie du rivage maritime, et dans quelles limites.

La limite transversale de la mer indique où finit le rivage de la mer et où commence la rive du fleuve. Cette ligne théorique et administrative, ne correspond pas à une réalité physique mais permet de définir le régime juridique des terrains émergés situés de part et d'autre. En aval de la limite de la mer, le chenal et les dépôts et alluvions des berges (lais et relais) de la rivière relèvent de la législation sur le DPM.

En amont, on rentre dans le Domaine Fluvial, c'est-à-dire que le lit mineur de

la rivière relève du Domaine Public Fluvial et que le lit majeur peut être mixte : propriété de l'Etat, DPF, ou même propriété privée. Les cours d'eau peuvent être :

- domaniaux flottables et navigables: c'est le domaine public, eau et lit.
- non domaniaux : le lit appartient au propriétaire riverain et il bénéficie d'un droit d'usage étendu de l'eau.
- mixtes (ne peuvent plus être créés actuellement): les riverains sont propriétaires du lit et l'Etat se réserve l'usage de l'eau (navigable et flottable).

Concernant la définition du domaine public fluvial naturel et la procédure de délimitation, voir les articles L 2111-7 à L 2111-9 et R 2111-15 à R 2111-20 du code général de la propriété des personnes publiques.

Les textes n'imposent pas de méthode pour fixer cette limite entre la mer et les fleuves. Plusieurs techniques ont pu être utilisées :

- L'établissement d'une ligne entre les caps les plus avancés de la mer et situés de part et d'autre du fleuve.
- Selon le système dit du « parallélisme des rives », le domaine public maritime commencerait au point où les rives du cours d'eau s'écartent sensiblement l'une de l'autre (avis du conseil d'Etat, section des travaux publics du 4 mars 1870).
- La matérialisation de la limite de la marée de salinité.
- La matérialisation de la marée dynamique.
- La fixation de la limite à partir de la combinaison d'indices : forme de l'estuaire, régime des eaux et leur nature, caractéristiques de la flore, de la faune, des atterrissements d'alluvions...
- La limite du premier obstacle à la navigation.

Un seul paramètre ne peut suffire à déterminer la limite ; il faut donc souvent conjuguer un ensemble de facteurs. C'est ainsi que d'après un arrêté du Conseil d'Etat de 1882, confirmant un décret de 1869 qui avait fixé la limite de la mer dans la Seine, on s'était basé sur des états de fait tels que la configuration des rives, la nature et le volume des eaux, la nature géologique des atterrissements, la flore et la faune (Agence financière de bassin "Loire-Bretagne", 1969).

B) Limites de la méthode.

La procédure de délimitation actuelle, basée sur le principe de constatation des "plus hautes mers en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles" reste ambiguë, tant du point de vue théorique que pratique.

Les difficultés théoriques

La première ambiguïté réside dans le choix de la "plus haute marée". Si en Méditerranée, les variations dues à la marée astronomique sont faibles de sorte que l'influence de la houle est prépondérante, sur les façades Manche et Atlantique, c'est la marée astronomique qui domine, ce qui permet de poser la question de la date de la délimitation. Dans un premier temps, on s'en est tenu à l'ordonnance de Colbert de 1681 ("le plus haut flot de mars"), puis on se limita au "plus grand flot", après constatation que le flot de mars n'était en fait pas le plus haut de l'année. La logique de l'arrêt Kreitmann de 1973, logique retenue par le législateur dans son article L 2111-4 du code général de la propriété des personnes publiques, débouche non pas sur la plus forte marée de l'année (terme qui n'est pas employé dans l'arrêt), mais sur la plus forte marée astronomique, c'est-à-dire au moins celle de la période de 18,6 ans (Saros). Voir supra § I.1.1, B) concernant le rivage de la mer.

En dehors des phénomènes liés aux marées, la limite terre-mer connaît des fluctuations : celles-ci peuvent être saisonnières, avec une tendance générale au démaigrissement des estrans sableux en saison hivernale et à l'engraissement en saison estivale, ce qui permet aux houles et jets de rive de se propager plus ou moins loin selon l'altitude et la pente de la plage. Les fluctuations du niveau de la plage sont plus ou moins aléatoires, et peuvent être exceptionnelles lorsqu'elles sont liées aux tempêtes. Une opération de délimitation par jalonnement du plus haut flot, menée quelques jours après un épisode de tempête, ne montrera pas les mêmes résultats qu'après une période de calme conjuguée avec des houles constructrices.

Les textes régissant la procédure de délimitation restent également ambigus en ce qui concerne les conditions météorologiques à prendre en compte. Le résultat de la constatation du niveau de l'eau atteint dépend de circonstances aléatoires, telles les surcotes ou la houle, dont on vérifie qu'elles ne sont pas exceptionnelles, mais sans en connaître l'importance. Un fait notable est à souligner : la commission déclarera comme exceptionnelles des conditions météorologiques dépressionnaires (basse pression, mauvais temps).

En revanche, en cas de conditions anticycloniques, et donc de très beau temps le jour de la délimitation, il est peu probable que l'opération soit annulée et reportée pour cause de situation exceptionnelle de beau temps.

Néanmoins, les fortes pressions tendent à abaisser le niveau de la mer et la délimitation semblera alors favorable aux riverains.

Jusqu'à 2006, la procédure stipulait que les "lais et relais de la mer" étaient intégrés au domaine public maritime s'ils étaient postérieurs à la loi de 1963 ; depuis l'abrogation de cette loi en 2006 et la création du code général de la propriété des personnes publiques, lais et relais de mer font toujours partie du DPM naturel, sous réserve du droit des tiers. Ces dates correspondent à la naissance de textes juridiques, mais n'ont aucune valeur en terme d'évolution naturelle du littoral. Il paraît donc arbitraire de se baser sur l'état des lieux à une date fixe pour délimiter le domaine maritime, alors que l'esprit de ces textes consiste à ne pas rendre au domaine public maritime des terrains laissés ou délaissés par la mer, et largement utilisés par les hommes avant 1963.

En ce qui concerne les estuaires, la délimitation reposant sur la géométrie de l'embouchure peut sembler justifiée du point de vue du tracé du littoral, mais ne l'est pas du point de vue sédimentologique et morphologique : la présence du cours d'eau perturbe en effet la continuité du trait de côte en plan, mais la dynamique sédimentaire (perturbation du transit littoral, apport sédimentaire par le fleuve...) ne se limite pas à la ligne de parallélisme des rives. Ces limites ne semblent pas constituer un critère suffisant pour délimiter domaine maritime et domaine fluvial. Marées dynamiques, salinité et nature de la végétation peuvent être des facteurs utilisables dans la recherche de limite entre les deux domaines, mais l'influence de la marée peut remonter très loin (sur plusieurs dizaines de km) à l'intérieur des estuaires. La notion de limite transversale de la mer s'avère également arbitraire et la position de la limite de la mer est très variable d'un estuaire à l'autre, (depuis l'embouchure jusqu'aux secteurs les plus internes) même dans un même département. Ainsi, en Charente Maritime, la limite de la mer se situe un peu en amont de l'Anse de l'Aiguillon au Pont du Brault pour la Sèvre Niortaise, tout à fait à l'embouchure dans l'alignement Fort la Pointe – Port des Barques pour la Charente, et à l'opposé très en amont au niveau de Saujon pour la Seudre (com. orale DDE Charente Maritime).

Ces milieux constituent, avec les fonds de baie, des cas spécifiques très complexes et souvent convoités, où l'action de la mer ne se fait pas toujours sentir directement, et où il importe donc de bien définir quels sont les agents et critères à prendre en considération et à conjuguer pour la délimitation du domaine public maritime.

Les difficultés dans la pratique

Le jalonnement du niveau atteint par la mer et du bourrelet de laisses de haute mer suppose la mobilisation d'un grand nombre de personnes, et ne peut donc être utilisée que pour des longueurs de côtes relativement courtes.

Par ailleurs, l'opération de délimitation commence par la publication d'un avis de délimitation et la convocation des riverains avec un préavis convenable. Or, en Méditerranée, ce préavis peut être utilisé (C.G.P.C., 1992 b) en permettant aux propriétaires riverains de *"prendre des mesures conservatoires élémentaires telle que celle qui consiste, à l'aide d'un balai et d'un arrosoir, à rectifier à leur avantage la position du bourrelet"*...

La délimitation du domaine public maritime est une constatation qui ne vaut que pour l'instant où elle intervient. Les limites sont établies à partir d'une observation de fait sur le terrain, alors que le milieu littoral est particulièrement dynamique, et que les phases d'érosion et d'accumulation se succèdent. Ainsi, les limites du domaine public maritime naturel ne peuvent être fixes, toute modification des facteurs naturels entraînant des transformations du littoral, et donc de la consistance même du-dit domaine public maritime.

I.2.2. Détermination des niveaux atteints par la mer

En 1990, une expérimentation a été effectuée par l'IGN lors de la délimitation des marais de Séné, portant sur un linéaire d'environ 1km, correspondant à une surface litigieuse de 20ha.

Outre la délimitation "officielle" réalisée par la méthode classique du piquetage tous les 25m constatant la limite des eaux, une délimitation expérimentale associant un relevé marégraphique, analysé par le SHOM, et une exploitation de photographies aériennes réalisées par l'IGN.

L'analyse des relevés du marégraphe (SHOM, 1990) a permis de déterminer pour Séné la cote théorique de la plus haute mer, soit 2m32 IGN69, hors surcote/décote, et pour des conditions météorologiques moyennes ayant régné pendant les observations longue durée à Port Navalo.

En ce qui concerne le jour de la délimitation (28 mars 1990), la cote atteinte par la mer est de 2m16 IGN69, avec des conditions météorologiques ayant entraîné une décote de 15cm. Le même jour, une série de prises de vue aériennes au 1/5000ème a été effectuée par l'IGN au moment de l'étale de marée haute et la restitution des niveaux a été réalisée à l'échelle du 1/2000ème. On retrouve sur le plan levé, la limite atteinte par l'eau au moment de la prise de vue (2m13 IGN69), la zone située en-dessous de 2m16 qui aurait été submergée en l'absence de digues, la zone dont l'altitude est comprise entre 2m16 et 2m31 (cote théorique de la pleine mer du jour sans décote), la zone dont l'altitude est comprise entre 2m31 et 3m, susceptible d'être recouverte en cas de conditions météorologiques exceptionnelles en l'absence de digues, et enfin la zone dont la cote est supérieure à 3m IGN69 (valeur choisie arbitrairement à définir par l'étude marégraphique) non recouverte par la mer.

La précision de la restitution planimétrique est identique à un levé direct sur le terrain par un géomètre et au point de vue altimétrique, de l'ordre décimétrique.

Les procédures de délimitation "classiques" conduisant à des résultats non reproductibles (SIMON, 1996), il était nécessaire de rechercher des critères plus acceptables sur le plan scientifique permettant de déterminer "les plus hautes mers" par l'analyse statistique des niveaux de la marée.

Les études probabilistes menées par le SHOM (SIMON, 1994) et l'IGN, ont montré que les moyens scientifiques permettaient de connaître avec une précision suffisante la hauteur d'eau atteinte par la mer avec une période de retour donnée. SIMON (1994, 1996) a ainsi établi des cartes montrant les valeurs des hauteurs de pleine mer correspondant à diverses périodes de retour : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75 et 100 ans. Les résultats sont très satisfaisants dans les zones côtières de la Mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique pour lesquelles la densité d'observatoires de marée est exceptionnellement élevée.

Dans certains secteurs, de nouvelles mesures marégraphiques doivent être réalisées afin de pouvoir valider les interpolations permettant de tracer les lignes d'égales hauteurs. *"Une restriction importante s'applique aux côtes méditerranéennes car le choix de la loi de distribution des surcotes nécessite de travailler dans des zones où l'amplitude de la marée astronomique est grande devant l'amplitude des surcotes"* (SIMON, 1996). Cette méthode de détermination des niveaux atteints par la mer peut être très efficacement utilisée dans le Domaine Public artificiel, pour les aménagements portuaires.

Cependant, la hauteur réelle atteinte par le jet de rive (run-up) sur les plages n'est pas précisément connue et l'étude menée par le GRESARC (1999) sur

les côtes de Basse Normandie montre qu'il n'existe pas de relation simple entre l'agitation au large et l'amplitude du jet de rive.

Les nombreuses mesures (773) de jet de rive réalisées ont permis de mettre en évidence l'influence marquée de la pente de la plage sur les valeurs du run up, l'influence également importante de la granulométrie des sédiments de la plage et, dans une moindre mesure, une augmentation des valeurs de run up avec la hauteur significative de la houle au large, mais peu d'influence des périodes de houle sur le phénomène de jet de rive (GRESARC, 1999).

Des formules donnant la valeur du run up en fonction du diamètre des grains, des pentes de la plage, de la hauteur significative et de l'incidence des houles au large sont proposées mais ne peuvent être appliquées que dans des limites bien définies d'une part des caractéristiques morpho-sédimentaires de la plage et d'autre part des conditions d'agitation.

I.2.3. Enquête auprès des services de l'Etat

Afin d'évaluer les opérations de délimitation ayant eu lieu sur les côtes françaises, un questionnaire succinct (cf. ci-dessous) a été adressé en janvier 2001 à différentes subdivisions maritimes des façades Manche – Atlantique et Méditerranée.

Questionnaire :

- 1) Des opérations de délimitation du DPM ont-elles eu lieu dans votre secteur depuis 1990 ?
- 2) Si non, y-a-t-il eu des délimitations antérieures à cette date ? Quand ?
- 3) Dans chaque cas, quelles ont été les méthodes utilisées pour ces délimitations ? et sur quel linéaire de côte la délimitation a-t-elle eu lieu ?
- 4) Quel était le contexte géomorphologique du littoral concerné ? :
côtes rocheuses à falaise: roches dures ou roches meubles
cordons littoraux : sableux ou de galets
massifs dunaires,
marais maritimes, lagunes, estuaires,
trait de côte aménagé ou non ?
- 5) Pourquoi ces opérations ont-elles eu lieu ?
dans le cadre d'un contentieux (à la demande d'un particulier) ou dans un cadre plus général
- 6) Avez-vous des opérations de délimitation prévues qui doivent être conduites au cours de l'année 2001 ?

Les réponses sont très variables selon les secteurs côtiers.

- 1°) **En Seine Maritime**, la portion de littoral comprise entre le Cap d'Antifer et Le Tréport, n'a pratiquement pas fait l'objet de procédures de délimitation. Sur les 103 km linéaires de côtes, seuls 5,375 km au total, répartis sur 9 communes, ont été délimités.

Les délimitations sont très anciennes, l'une en 1916, et la plus récente remonte à 1974.

Sur la centaine de km relevant du service maritime 2ème section (Antifer- Le Tréport), il existe 90km de falaise sur lesquels il n'a apparemment jamais été procédé à une délimitation. Dans les secteurs de ce type, il n'y aurait pas de litige avec les propriétaires riverains puisque la limite, constituée par le pied de falaise, reste physiquement parfaitement matérialisée, même si elle évolue avec le recul du rivage, ce qui rend éphémère la validité d'une délimitation dans un domaine de falaises de craie en érosion.

Les délimitations mentionnées ont été réalisées très partiellement dans les vallées en dehors des zones portuaires, alors que ces vallées sont occupées par des stations balnéaires et représentent une douzaine de km de rivage.

Les litiges avec les propriétaires riverains ne sont pas survenus car le terrain en bordure du littoral appartient généralement aux collectivités locales et est utilisé pour l'édification d'ouvrages de défense à laquelle les communes sont directement intéressées. Dans ces secteurs, il est admis que l'ouvrage de défense longitudinal qui protège la plage en arrière, et qui se développe sur la quasi-totalité de la vallée, marque la limite de fait du DPM, l'emprise même de l'ouvrage appartenant également à ce dernier.

- 2°) **Dans le Calvados**, aucune opération de délimitation n'a eu lieu depuis 1990 et ont été indiquées trois opérations dans les années 1950 et deux délimitations dans les années 1970.

En 1952, 1957 et 1975, respectivement 6km, 2,3km et 1,78km de rivages, formés par un cordon sableux, ont été délimités par piquetage et pose de bornes.

En 1956, 0,73km de littoral ont été délimités en milieu estuarien, par bornage de propriétés sinistrées par la guerre.

Enfin, en 1976, 600m de linéaire côtier ont fait l'objet d'une délimitation du DPM, côté terre. Seule la délimitation de 1975 a été réalisée à la demande du Tribunal Administratif suite à un contentieux, les autres opérations ont été faites soit à la demande de l'Etat, en 1952 et 1956, soit à la demande des maires en 1957 et 1976.

- 3°) **Dans le département de la Manche**, pour le littoral Nord dépendant de l'arrondissement de Cherbourg, aucune délimitation du DPM n'a eu lieu depuis 1990, ni même antérieurement à cette date, mais il y a eu incorporation des lais de mer pour répondre aux obligations de la loi n°63-1178 du 28 novembre 1963. A ce titre, la procédure d'urgence a été retenue et il y a eu incorporation, sans délimitation, sur un linéaire total d'environ 8km800 de rivage, formé par des cordons littoraux. Les lais de mer ont été incorporés par arrêtés préfectoraux, en août 1974 sur la commune de Portbail, en janvier 1976 à Denneville et Sainte-Marie du Mont, et en octobre 1982 sur les communes de Quinéville, Lestre, Aumeville-Lestre, Crasville, Morsalines et Réville.

Pour la partie Sud du littoral de la Manche, dépendant de la subdivision de Granville, aucune opération de délimitation n'a eu lieu pour la période récente, les dernières délimitations ayant été réalisées avant 1960, par piquetage en utilisant la mobilisation de l'armée.

Le littoral concerné comprend des cordons littoraux et leurs massifs dunaires, ainsi que les marais maritimes et estuaires des hâvres du Cotentin, mais le linéaire de côte sur lequel la délimitation a eu lieu n'est pas précisé.

Aucune délimitation du DPM n'est prévue dans les années à venir.

4°) **Dans le Morbihan**, il n'y a pas eu de délimitations officielles antérieures à 1990, mais plusieurs opérations ont eu lieu depuis 1990, en utilisant la méthode classique de l'observation visuelle du niveau atteint par la mer en période de vive-eau et piquetage puis relevés des points par un géomètre.

Le contexte géomorphologique du littoral est principalement formé par des marais maritimes, sauf pour la commune de Sarzeau où il s'agissait de cordons littoraux de sables et de galets.

Les opérations conduites dans les années 1990 se résument comme suit :

Commune de Séné, marais maritimes

- le 28 Mars 1990, au droit de la propriété d'un riverain et à sa demande, sur un linéaire de 1,110 km. La limite a été approuvée par décret du Conseil d'Etat en janvier 1995, reconnaissant le droit de propriété du riverain.
- le 17 Septembre 1993, délimitation du rivage de la mer sur un linéaire de 2,8 km, dont la limite n'a pas été approuvée par le Conseil d'Etat en raison d'un vice de procédure, le maire de Séné ayant signé le procès verbal de la commission sans en être membre.
- le 29 Mars 1994, délimitation sur un linéaire de 6 km, approuvée par arrêté préfectoral en novembre 1997.
- le 07 Octobre 1994, limite du rivage délimitée sur 2 km, approuvée par arrêté préfectoral en novembre 1997.

Commune de Sarzeau, cordons littoraux (sables et galets)

- le 10 Mars 1997, à la demande de 27 riverains, la délimitation a été conduite sur un linéaire de rivage de 1,5 km, au droit de propriétés d'une cinquantaine de riverains. La limite du DPM a été approuvée par arrêté préfectoral en Mai 2000, mais 5 riverains ont introduit une requête en annulation auprès du tribunal administratif de Rennes.

Commune de Theix

- le 11 Mars 1997, sur un linéaire de 32m, au droit de la propriété d'un riverain dans le cadre d'un contentieux l'opposant à un voisin. La limite a été approuvée par arrêté préfectoral en juillet 1999.
- le 27 Avril 1998 et le 7 Octobre 1998, à la demande de la commune, délimitation du rivage de la mer sur un linéaire de 4 km à chaque opération, approuvée par arrêté préfectoral en juillet 2000.

Commune de Plouhinec

- le 8 Avril 1998, sur un linéaire de 530 m, au droit de la propriété d'un riverain dans le cadre d'un contentieux en urbanisme. La limite a été approuvée par arrêté préfectoral en juillet 1999.

Commune de La Trinité sur mer.

- le 19 Mars 1999, à la demande de deux riverains, délimitation du rivage sur un linéaire de 2,5 km, approuvée par arrêté préfectoral en février 2001.

Commune de Le Tour du Parc

- En Février 2001, a été réalisée une délimitation sur 3,5 km en bordure de marais maritime, à la demande de la mairie pour mise en conformité du POS

5°) **En Charente-Maritime**, ont eu lieu les opérations de délimitation suivantes :
Commune de CHARRON. lieu-dit "Les Petites Misottes"

Délimitation réalisée en 1985

Méthode utilisée : méthode lourde, enquête publique, piquetage et levé de géomètre

Linéaire de côte délimité : 3 km

Contexte géomorphologique : champ de pâturages exploités par les agriculteurs mais recouverts aux plus hautes eaux.

Opération réalisée à la demande du maire de la commune de Charron pour résoudre définitivement des questions de limites de propriétés qui étaient contestées par les agriculteurs exploitant ces espaces. Un décret du Conseil d'Etat est venu clore la procédure en 1991.

Commune de CHARRON.

Constat de délimitation en 1998 du DPM sur le rivage de la mer, à la demande de l'Etat.

Objectif, préciser les limites de la future réserve naturelle de la baie de l'Aiguillon par rapport à plusieurs riverains propriétaires

Méthode utilisée : méthode simplifiée à l'amiable. Limites constatées du niveau atteint par les plus hautes eaux, repérées par bornage (sans valeur juridique)

L'ensemble des riverains concernés ont signé les plans établis par le géomètre

Un nouvel état parcellaire a été établi par le service des Domaines pour permettre une régularisation du cadastre et une publication aux hypothèques.

Pour cette délimitation, il s'agissait de redonner au DPM des parcelles, en grand nombre et surface, qui étaient en bordure de l'anse de l'Aiguillon et qui appartenaient à des propriétaires privés. Les limites de la réserve naturelle se sont collées à celles du DPM, de telle sorte qu'il y a continuité entre la réserve naturelle de la baie de l'Aiguillon et le DPM. Il restait une bande de quelques parcelles qui ont été incorporées à l'amiable.

Commune d'YVES (affaire en cours de finition)

Une parcelle située au fond d'une anse, sur un estran vaseux limité côté mer par un cordon littoral dans lequel s'ouvrent des brèches lors des tempêtes. La délimitation a été effectuée à la demande de l'Etat, mais à l'amiable avec toutefois un relevé de la laisse des plus hautes eaux par un

géomètre expert (méthode de relevé au DGPS), en présence du propriétaire, du maire, du directeur des services fiscaux, du service maritime de la DDE, du représentant de la LPO et du Conservatoire du Littoral.

La limite a été fixée en avant du cordon, car les plus hautes eaux, par temps calme, l'atteignaient à ce moment là.

Cependant la lagune arrière-cordon est régulièrement envahie, non nécessairement au même endroit à la faveur de brèches temporaires ouvertes dans le cordon littoral après certaines tempêtes. L'idéal serait que le Conservatoire du Littoral rachète la parcelle qui constitue en réalité le fond de l'anse.

Les conditions atmosphériques, la surcote de la mer ainsi que l'agitation de la mer font que la submersion des terrains du propriétaire a été favorisée par ces phénomènes.

La limite des plus hautes eaux constatée en statique (excluant donc l'effet de la houle) en cohérence avec les données du marégraphe de La Pallice est le trait rouge indiqué sur le plan. Ce trait est considéré comme la limite du DPM constaté. Les terrains situés côté terre restent la propriété du riverain. Côté mer, ils sont de fait du domaine public maritime.

Sur le plan seront indiquées la surface restant de propriété du riverain et celle qui devient DPM. Le Conservatoire du Littoral confirme sa volonté d'acquérir la propriété du riverain au prix fixé par la brigade d'estimation foncière du service des Domaines.

Le Conservatoire proposera au riverain de faire l'acquisition de ces terrains.

Commune d'Ars en Ré (opération terminée en 1993)

Délimitation en 1991, au lieu-dit "Le Moulin du Chenal du Martray", dans un fond de baie équipé d'une digue en enrochement et d'une digue en terre.

Méthode lourde : selon l'ordonnance de Colbert, enquête publique, piquetage par l'armée, levé géomètre puis arrêté préfectoral.

Linéaire délimité : 1 km

Opération effectuée à la demande de plusieurs riverains suite à un conflit de voisinage né de la revendication en propriété de parcelles du DPM naturel.

6°) **En Gironde**, aucune opération de délimitation n'a eu lieu récemment, depuis 1990, mais, en 1968, l'ensemble du littoral du bassin d'Arcachon a été délimité, par piquetage et repérage par l'armée du niveau atteint par la mer. Une vaste proportion du littoral concerné était constitué par des digues qui bordaient les zones basses du fond du bassin. L'opération a été réalisée dans le cadre de contentieux avec les propriétaires riverains.

7°) Dans les **Alpes Maritimes**, aucune délimitation récente n'a été faite sur le rivage. Seule une procédure destinée à incorporer des lais et relais de la mer au DPM est à l'étude pour une petite partie du littoral de la commune d'Antibes.

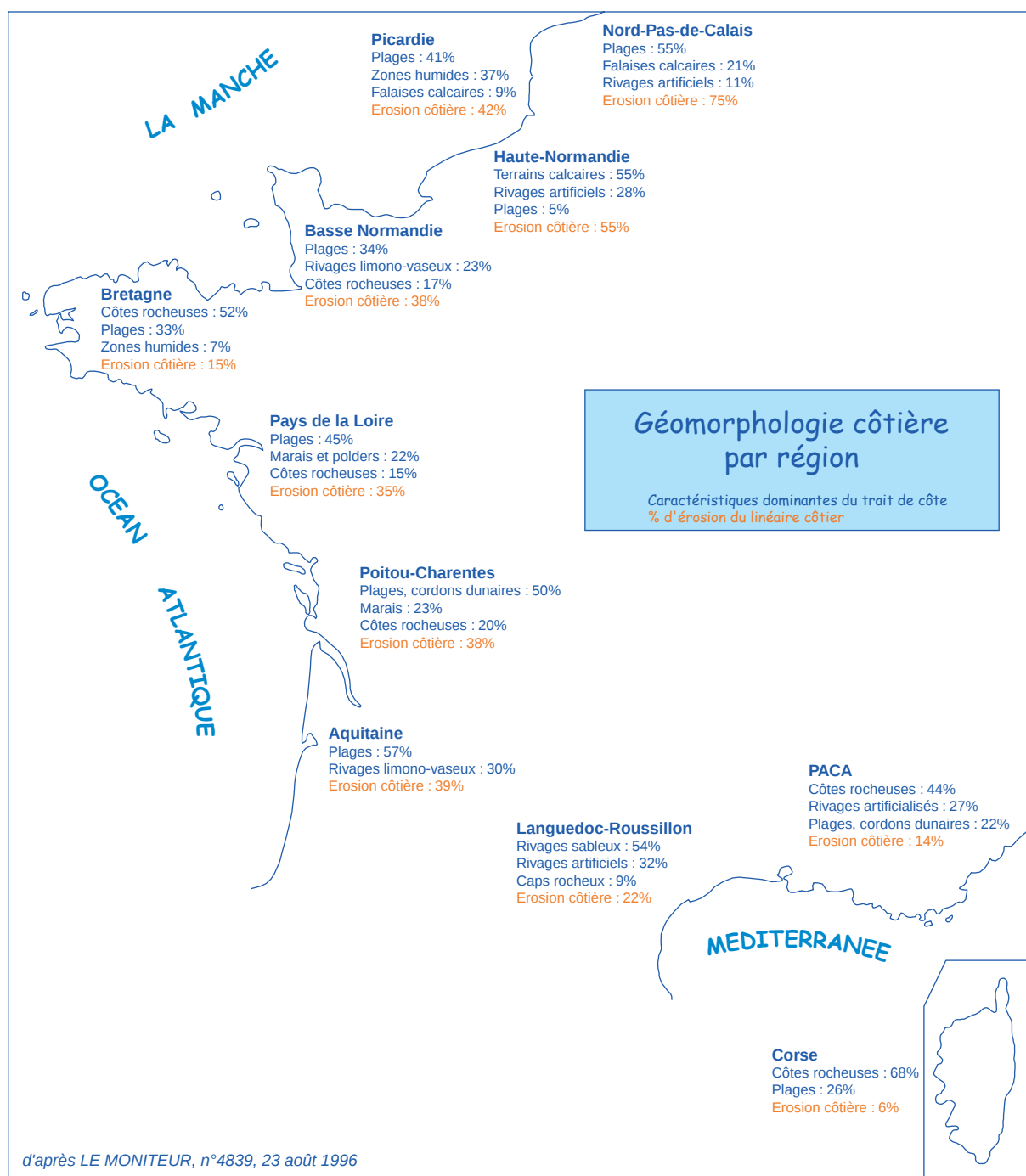


Fig. 1 : Géomorphologie côtière par région

I.3. Typologie geomorphologique des littoraux

Rechercher des critères "naturalistes" de délimitation du domaine public maritime suppose en premier lieu de répertorier les différents types de littoraux rencontrés et d'en recenser les caractéristiques morpho-sédimentaires, souvent soulignées par une répartition typique de la végétation, susceptibles d'intervenir dans la délimitation.

Le littoral étant un milieu extrêmement dynamique, dont la morphologie est mouvante au gré des marées, des saisons et des années, il sera nécessaire de tenir compte de l'évolution de ces milieux selon diverses échelles temporelles.

Une première analyse bibliographique a été réalisée par D. LE BRIS (2000) et peut être synthétisée de la façon suivante.

La géomorphologie des côtes de la France métropolitaine (in Le Moniteur, 1996) montre une répartition des types de côtes diversifiée selon les régions (Fig. 1).

Les plages ou les rivages sableux, particulièrement développées en Aquitaine (57%), Languedoc-Roussillon (54%) et Poitou-Charentes (50%), représentent encore souvent le tiers du littoral dans les autres régions, excepté en Haute Normandie où elles n'occupent que 5% du linéaire côtier. Dans cette dernière région, les falaises calcaires couvrent plus de la moitié du trait de côte, le reste du littoral ayant fait l'objet d'aménagements.

Les côtes rocheuses sont particulièrement bien représentées en Bretagne et en Corse où elles occupent respectivement 52% et 68% du littoral.

A l'inverse, les côtes basses de marais maritimes, polders et zones humides littorales se rencontrent essentiellement en Poitou-Charentes et Pays de Loire (environ 23%) ainsi qu'en Picardie (37%).

Enfin, c'est en Méditerranée, exception faite du littoral corse, que les rivages artificiels sont les plus développés car ils représentent près du tiers du linéaire côtier, de même que les aménagements occupent 28% du littoral haut-normand.

Les données concernant le littoral français sont regroupées dans le tableau ci-dessous qui donne la répartition des littoraux et les principales subdivisions de chaque type de côte (in CORINE, 1998).

Suivant les classifications anciennes, (GULLIVER, 1899 ; JOHNSON, 1919 ; SHEPARD, 1948 in GUILCHER, 1954) GUILCHER (1954) préconise une description des formes séquentielles des côtes en les regroupant en 4 grandes catégories :

- les falaises et les plates-formes rocheuses ;
- les plages et dunes littorales;
- les estuaires, marais maritimes et deltas;
- les édifications coralliennes.

Répartition des types de côtes en France

D'après QUELENNEC - CORINE Erosion côtière (1998)

Longueur de
rivage :
7 205 km
(réf. carte au
1/100 000)

Répartition des principaux faciès littoraux										
Rocheux		Plages		Limonovaseux		Artificiels		Embouchures		Total
km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	
2 950	40,9	2 529	35,1	741	10,3	934	13	51	0,7	7 205

Répartition des types de côtes rocheuses				
Roches dures		Roches érodables		Total
km	%	km	%	
2 036	69	914	31	2 950

Répartition des types de plages											
Plages de poche		Plages développées (long. > 1km) [graviers à galets]		Plages développées (long. > 1km) [sables fins à sables grossiers]		Cordons littoraux, flèches, tombolos		Estrans meubles avec platier rocheux sur estran intertidal		Estrans meubles avec Beach rock sur estran intertidal	
km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
402	15,9	89,5	3,5	1 113	44	510	20,2	222	8,8	0	0

Répartition des types de plages (suite)										
Estrans très étroits et végétalisés		Estrans meubles [sédiments issus de rejets miniers]		Plages artificielles		Estrans meubles [sédiments de granulométrie hétérogène]		Estrans [sédiments de granulométrie inconnue]		Total
km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	
3	0,1	14	0,6	26	1	0	0	149	5,9	2 529

Répartition des types de rivages limonovaseux				
Polders		Limonovaseux		Total
km	%	km	%	
165	22	577	77,8	741

Répartition des types de rivages artificiels						
Remblais		Digues, quais, perrés		Zone portuaire		Total
km	%	km	%	km	%	
64	6.9	55	5.9	814	87.2	934

Planche A : Côtes à falaises



Fréhel (22)



Plage de la Mine d'Or, Pénestin (56)



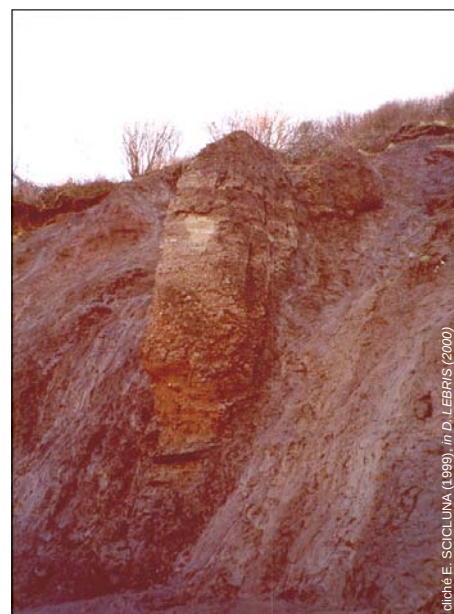
Head, Anse du Verger (35)



Pointe du Meinga (35)



Blanc-Nez (62)



Mont-Canisy (14)

I.3.1. Les côtes rocheuses à falaise

Dans le tracé général des côtes, les zones les plus résistantes des formations rocheuses restent en saillie, formant les caps et les promontoires, tandis que les secteurs plus vulnérables sont érodés voire abaissés, et présentent des criques et des baies.

Lors de la submersion marine d'un milieu terrestre, les altérites sont dégagées les premières, puis la roche en place est attaquée. Ceci détermine deux types de côtes selon leur degré d'évolution (Fig.2) : les côtes les moins évoluées ont été débarrassées de leur couverture meuble (sédiments ou altérites), et la roche dure affleure, sans avoir subi d'attaque particulière. Les auteurs parlent de côtes à dénudation (PINOT, 1998) ou encore de côtes rocheuses découpées (OTTMANN, 1965).

Lorsque l'évolution se prolonge et que la roche est attaquée par l'érosion et recule, laissant devant elle une plate-forme d'abrasion, on parle alors de falaise.

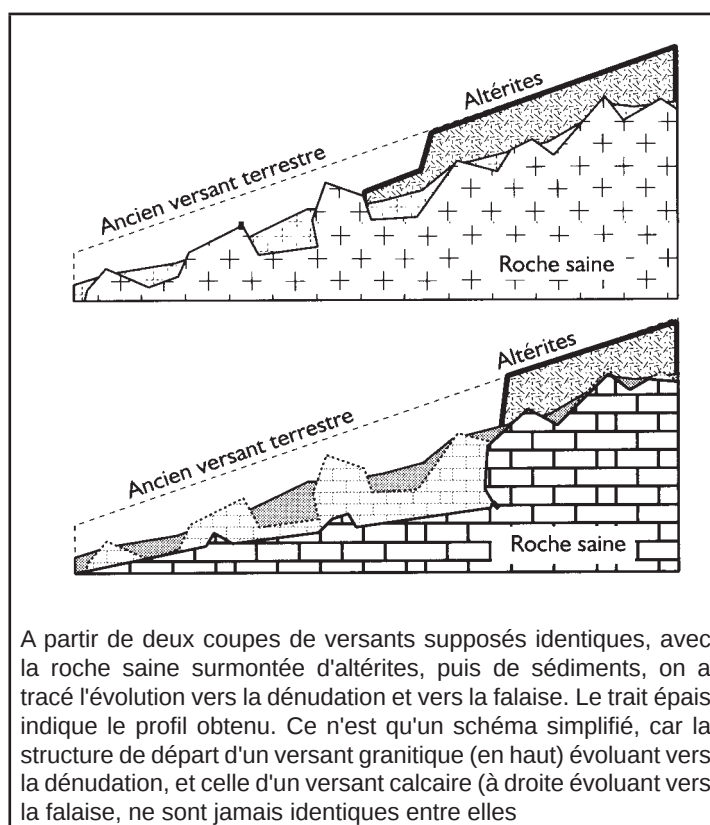


Fig. 2 : Profils comparés d'une côte à dénudation et d'une côte à falaise (extrait de PINOT, 1998)

Les paysages de côtes rocheuses sont infiniment variés. Ils sont déterminés par la nature et les caractéristiques des formations rocheuses, mais aussi par les conditions bioclimatiques et océaniques qui façonnent ces littoraux. Leur vitesse d'évolution est, elle aussi, considérablement variable selon la résistance et la structure de la roche et l'exposition de la côte aux agents hydrodynamiques.

A) Les profils des versants rocheux littoraux.

Les côtes basses à dénudation .

Les côtes rocheuses à dénudation, généralement très découpées, présentent de nombreux caps, des baies, des îles.

Le passage du domaine terrestre au domaine marin se fait sans abrupt notable, par une pente irrégulière.

L'avant-côte est faiblement inclinée vers le large, et peut être largement hérissée par des écueils et des hauts-fonds dessinant un profil très irrégulier. La profondeur et la pente sont en général peu importantes, ce qui permet un transfert non négligeable de sédiments vers la côte, formant et alimentant localement des plages encastrées au fond des anses entre les pointes rocheuses.

La prise en charge de sédiments par les vagues, conjuguée avec l'agitation engendrée par les écueils rend la mer mécaniquement plus érosive que dans le cas des côtes accores.

La distinction entre côtes à dénudation et falaises correspond à un degré d'évolution de la côte rocheuse, évolution dont le mode et la vitesse sont conditionnés par la nature et la résistance de la roche, par les conditions morphodynamiques du milieu et par l'exposition de la côte.

C'est pourquoi, si certains auteurs (OTTMANN, 1965 ; PINOT, 1998) distinguent les types de côtes rocheuses en fonction de leur évolution (côtes à dénudation, côtes à falaises et platiers rocheux), d'autres (PASKOFF, 1993 ; PIRAZZOLI, 1997) considèrent les différents types de littoraux rocheux comme des combinaisons de versant, de falaises (au sens large de versant rocheux littoral) et de platiers rocheux plus ou moins développés : ils estiment ainsi que tout littoral rocheux atteint par la mer présente une falaise, si minime soit-elle.

Dans cette même optique, nous retiendrons essentiellement, par la suite, le terme général de "falaises" dans le cas des côtes rocheuses.

Caractéristiques des falaises

Une falaise (*cliff*) est un escarpement à forte pente, "entre environ 15° et la verticale ou le surplomb" (GUILCHER, 1954), marquant le contact entre la terre et la mer, et évoluant principalement en réponse à l'attaque de la mer à sa base, par sapement et/ou percussion.

La hauteur des falaises est très variable, allant de quelques dizaines de centimètres (micro-falaises) à plusieurs centaines de mètres.

Ce versant évoluant par recul parallèle à lui-même est souvent précédé par un platier rocheux (ou *plate-forme d'abrasion marine*), s'étendant généralement en pente douce vers la mer (Fig.3), et qui peut être recouvert par une plage au fond des baies. Cette plate-forme rocheuse résulte de l'enlèvement par l'action mécanique des vagues du matériel sus-jacent, souvent altéré et donc relativement meuble. Certaines falaises, dites « plongeantes » (*plunging cliff*), plongent directement sous le niveau marin sans replat au niveau de celui-ci. Ceci peut être lié à une importante résistance de la roche, à l'absence de matériaux abrasifs à proximité du niveau marin, à une submersion marine plus rapide que le recul des falaises, ou encore à des phénomènes tectoniques ou volcaniques.

L'action érosive de la mer, peu chargée en sédiments, est moins importante le long de ces falaises plongeantes.

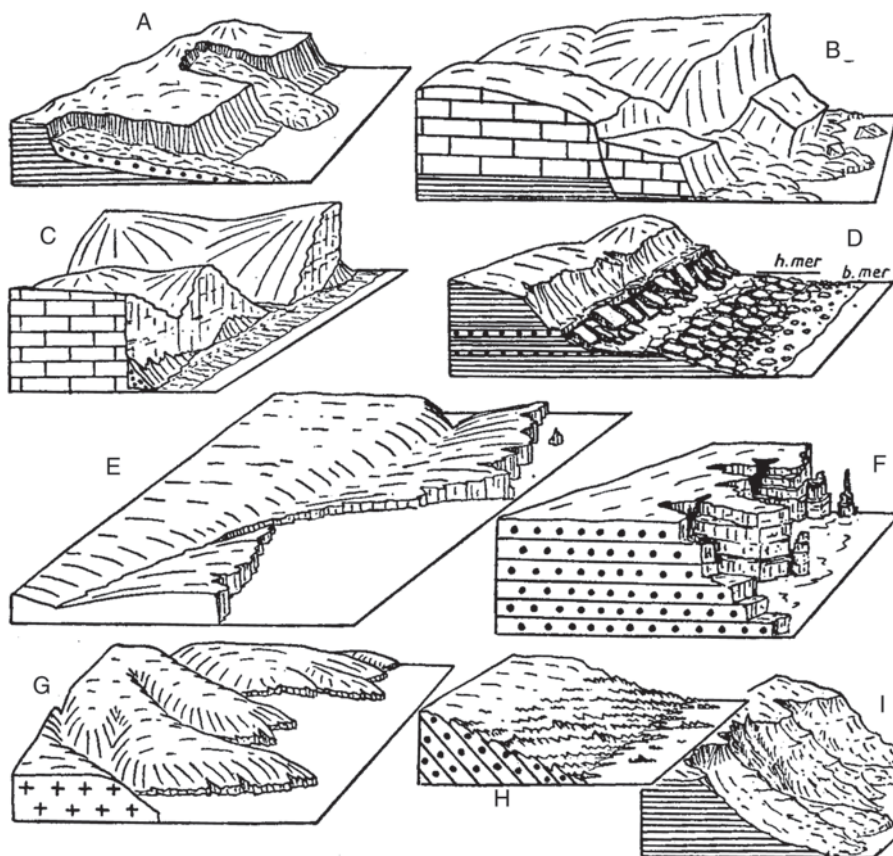
Certains versants littoraux rocheux peuvent présenter des caractéristiques assez analogues à celles d'une falaise, mais qui ne sont pas entièrement liées à la présence et à l'action de la mer.

En effet, si la notion de «falaise» sous-entend généralement un recul de l'ensemble du versant en réponse à l'attaque basale, ces versants continentaux sont qualifiés de «fausse falaise», puisqu'il manque non pas l'attaque de la mer et le déblaiement des débris, mais la répercussion de ce déblaiement sur le reste du versant (PINOT, 1998).

Ainsi, ces versants présentent en général un profil convexe souvent végétalisé jusqu'à la base redressée par la mer.

Il paraît essentiel de distinguer les *falaises vives*, régulièrement battues par la mer, d'où leur escarpement très raide, des *falaises stabilisées* qui ne sont plus atteintes par les vagues que lors des tempêtes exceptionnelles, et dont le pied est souvent couvert de débris, et les *falaises mortes* éloignées du niveau de la mer de la base par alluvionnement (accumulations selon une pente de 20-30°), ou par baisse du niveau marin. Une falaise vive n'est, par définition, jamais en équilibre avec les agents dynamiques qui la façonnent.

Dans le cas des *falaises vives*, quasi verticales, sans cesse redressées par la mer, est-il plus logique, d'un point de vue morphologique, de fixer la limite du domaine public maritime à mi-falaise, au-dessus de l'action des vagues ou des jaillissements de "paquets de mer", ou sous le surplomb qui est lié au sapement basal soit directement, soit indirectement par éboulement, ou encore au sommet de la falaise ?



- A - Falaise à coulées de boue dans les argiles (d'après SCHOU, type Rjosnaes, Danemark)
- B - Falaise à grands glissements : calcaires sur marnes (type La Hève)
- C - Falaise de craie ; éboulements au pied ; une valleeuse (type Caux)
- D - Falaise dans argiles et grès alternants ; pavage de dalles de grès sur les argiles (type Boulonnais)
- E - Capture d'une vallée par recul d'une falaise, et rajeunissement consécutif
- F - Falaise dans grès, calcaires ou basaltes horizontaux (type Fréhel)
- G - Fausse falaise, sauf dans la partie inférieure (type massifs anciens ou Côte d'Azur)
- H - Falaise dans grès, calcaires ou ardoises à fort pendage vers la mer (type Sud-Ouest de Fréhel)
- I - Falaise à badlands et cônes de déjection dans argiles (type Vaches Noires, Normandis)

Fig. 3 : Les différents types de falaises (extrait de GUILCHER, 1954)

La plate-forme d'abrasion marine

En pente douce vers la mer, cet estran rocheux s'étend du niveau des pleines mers jusqu'à un niveau situé en-dessous des plus basses mers actuelle et résulte du recul de la falaise et du polissage par les vagues chargées de sédiments. La rupture de pente entre falaise et platier rocheux correspond au niveau maximum de l'attaque par la mer. Ce schéma correspond à un équilibre entre résistance de la roche et énergie des vagues.

Dans le cas de roches trop résistantes, la plate-forme n'aura pas eu le temps de se développer depuis que le niveau marin a atteint sa position actuelle, et la falaise sera plongeante.

Au contraire, lorsque l'énergie de la mer dépasse la résistance de la roche, le platier est érodé et abaissé, le niveau des hautes mers atteint le versant de falaise en y créant une encoche.

Le profil du platier rocheux est légèrement concave : l'action marine étant plus vigoureuse en bas de la plate-forme, elle peut l'éroder avec vigueur et en abaisser le niveau. Cette pente est voisine de celle que présentent souvent les plages, ce qui explique que ce platier est souvent recouvert d'une couverture sédimentaire (PINOT, 1998).

L'altitude moyenne et la pente des plate-formes littorales augmentent avec la dureté des roches, les plate-formes élevées étant plus étroites. Si la morphologie de la falaise permet à l'eau projetée par les vagues de stagner, des plate-formes peuvent se développer dans certaines roches au-dessus du niveau des pleines mers (PIRAZZOLI, 1997).

Il existe des plates-formes d'abrasion marine situées à des altitudes supérieures ou inférieures au niveau des pleines mers actuelles, et qui correspondent à des vestiges de niveaux marins différents de l'actuel.

De même, les vitesses d'érosion très lentes sur les roches cristallines dures, en Bretagne par exemple, traduisent très certainement des formes héritées. Il est donc important de bien distinguer les formes actuelles de celles qui sont les témoins des rivages anciens.

B) La lithologie des côtes rocheuses.

La morphologie, les caractéristiques et l'évolution des falaises dépendent étroitement de la nature et de la structure de la roche, ainsi que de l'exposition de la côte notamment aux houles dominantes.

Du point de vue pétrographique, trois grandes catégories de falaises peuvent être schématiquement distinguées : les falaises formées de roches très résistantes, magmatiques et/ou métamorphiques (granites, basaltes, gneiss, schistes ...), les falaises de roches sédimentaires plus ou moins dures (grès, calcaires, flysch), et enfin les falaises de roches tendres meubles, (marnes, argiles, limons quaternaires).

Chaque type de côte rocheuse possède des particularités qui lui sont propres, tant du point de vue du profil et de l'évolution que de la morphologie de détail.

Les falaises formées de roches magmatiques et/ou métamorphiques

Les falaises taillées dans les roches cristallines et métamorphiques (granito-gneissiques par exemple) sont massives, escarpées sur plusieurs dizaines de mètres, avec généralement un versant convexe (Fig. 4). Il s'agit souvent de fausses falaises, revêtues de végétation sur une grande partie de leur hauteur jusqu'à une rupture de pente vers la base de leur profil, sur une hauteur d'une dizaine de mètres, atteinte par les vagues et les projections d'eau salée. Seule la base du versant évolue en vraie falaise marine, la partie haute correspondant à un modelé uniquement continental (Fig.4).

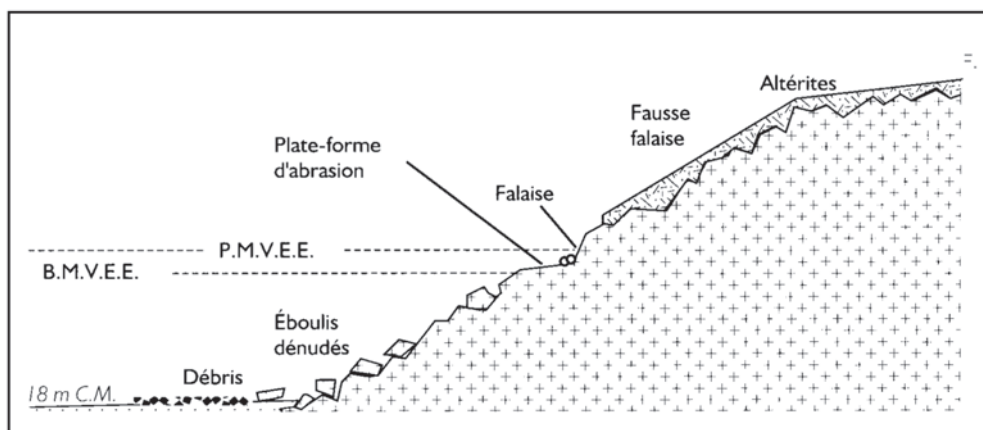


Fig. 4 : Profil d'un versant littoral en roche dure (d'après PINOT, 1998)

L'estran rocheux est d'autant plus large que la pente est faible et le marnage important. Le long des falaises plongeantes, cette zone se résume à une ceinture verticale, tandis que sur les côtes rocheuses basses, l'estran est parfois très large et montre une zonation morphologique plus évoluée.

La zone intertidale est souvent limitée, côté terrestre, par un escarpement dû à l'érosion par les vagues et le bombardement par des galets. Il se situe à une altitude proche du niveau des pleines mers, et présente une hauteur plus ou moins importante selon l'épaisseur des formations superficielles sous-jacentes et la résistance de la roche.

En contrebas immédiat de ce ressaut, la roche est mise à nu, laissant parfois apparaître des diaclases béantes et des blocs prêts à être déstabilisés.

Quelques plantes terrestres supportant les embruns peuvent parfois se développer dans les fissures, favorisant le délogement des blocs (PINOT, 1998).

Ces côtes sont très souvent prolongées par des récifs et une plate-forme déchiquetée, entamée de cavités comme on l'observe à la pointe Saint-Mathieu ou la pointe du Raz (BOURNERIAS et al., 1995). Ces versants de falaise, ces grottes, récifs et gros blocs anguleux épars sur la plate-forme d'abrasion marine résultent du déblaiement et du lessivage par la mer des produits d'altération qui empâtaient les reliefs lorsqu'ils étaient continentaux, leurs irrégularités sont à mettre en relation avec les modalités d'altération continentale sous couvert végétal. L'action de la mer à la base de ces "falaises", bien que spectaculaire, est relativement impuissante à dissocier des roches

aussi massives, excepté lorsqu'une fissuration permet leur dislocation par compression de l'air et aspiration lors du retrait de l'eau. Ces falaises sont très souvent coiffées d'une formation d'altérites, de head ou de limons visibles sur quelques mètres, qui peuvent napper les anfractuosités de la falaise avant d'être dégagée par la mer. Les fragments de roche de socle constituant le head sont repris et façonnés en galets par la mer.

Les côtes en roches cristallines dures évoluent généralement très lentement, ce qui leur confère un caractère "figé", apparemment stable au moins à l'échelle humaine.

Les falaises de roches sédimentaires

Dans les roches sédimentaires, la pente varie en fonction de la pétrographie même de la roche donc de sa résistance, de la stratification, du pendage et de l'orientation des couches sédimentaires par rapport à la ligne de rivage.

- Les falaises de grès durs

Les falaises en grès ou quartzites sont les plus massives et les plus résistantes. Leur profil est souvent vertical ou subvertical (Cap Fréhel, pointes de la presqu'île de Crozon) selon le pendage. Lorsque le pendage est orienté vers la mer (Fig. 3 – H), soit la falaise adopte une pente structurale, soit elle épouse celle des bancs successifs, montrant un profil hérissé en dents de scie (Cap Fréhel). Inversement, lorsque le pendage est vers l'intérieur des terres, la verticalité semble être plus favorisée (GUILCHER, 1954). Lorsque les strates sont très redressées ou quasi-verticales (Pointe de Pen Hir, presqu'île de Crozon, photo D. LE BRIS, 2000), les phénomènes subaériens sont très efficaces, l'eau de pluie et les embruns empruntant les joints lithologiques ce qui engendre un aspect très déchiqueté de la côte.

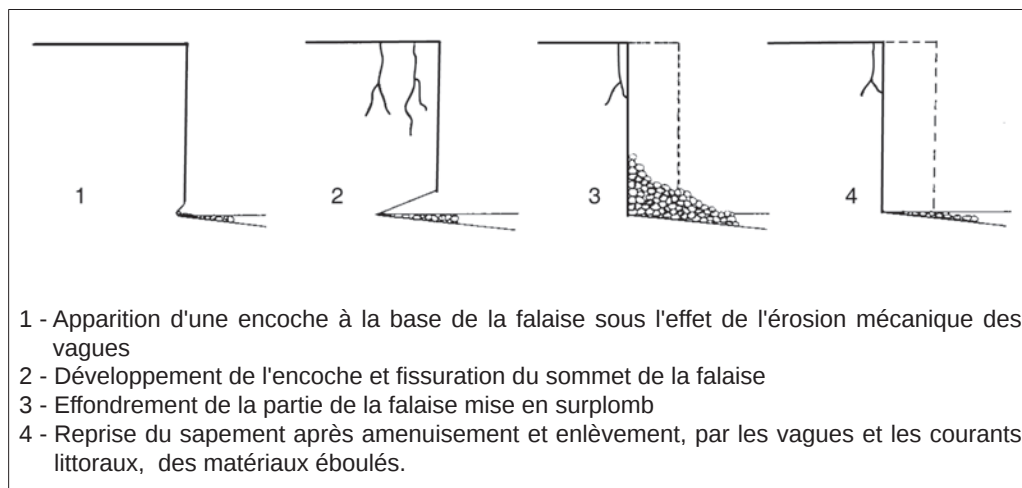
Ces falaises de roches sédimentaires très résistantes sont prolongées en mer par des écueils (Tas de Pois en avant de la Pointe de Pen Hir) et percées de grottes ou de porches. Elles ne portent généralement pas de formations périglaciaires (head), l'épaisseur du sol est réduite et le ruissellement peu efficace à cause de l'extrême dureté de la roche et de l'infiltration de l'eau dans les diaclases. La fracturation verticale explique l'évolution de ces falaises par la formation de pinacles instables qui peuvent, à terme, s'effondrer et faire reculer la falaise après déblaiement par la mer de la masse éboulée. Comme les précédentes, ces falaises peuvent présenter une rupture de pente au niveau des hautes mers, colonisée par une ceinture de lichens sombres.

- Les falaises calcaires

La craie, par sa stratification et le pendage sub-horizontal de ses couches sédimentaires présente des falaises généralement très escarpées, voire verticales (Fig. 3 – C et H), comme par exemple, la morphologie typique des falaises crayeuses du Pays de Caux et du Pas-de-Calais, hautes d'une centaine de mètres (cf. photo).

Contrairement aux falaises de roches dures cristallines ou sédimentaires, ces falaises évoluent assez rapidement. Le sapement basal, souvent préparé par des phénomènes karstiques, met en surplomb le versant sus-jacent jusqu'à ce qu'une masse finisse par s'effondrer, souvent selon un plan lié aux fissures de

la roche. Cette masse rocheuse est peu à peu déblayée par la mer, notamment par dissolution du calcaire (Fig. 5) et les éboulis ne protègent pas longtemps la base de la falaise qui est de nouveau attaquée. Seules les falaises de craie à silex produisent des galets qui peuvent s'accumuler au pied de la falaise.



*Fig. 5 : Etapes du recul d'une falaise évoluant par éboulement
 (extrait de PASKOFF, 1993)*

Contrairement aux falaises taillées dans des roches très résistantes (granite, gneiss ou grès) le recul des escarpements de craie est appréciable : dans le pays de Caux, PRECHEUR (in COSTA, 1997) estimait en 1960 le recul à environ 30 m par siècle, avec des variations pouvant aller selon les sites de la quasi stabilité jusqu'à 60 mètres de retrait. Ces côtes rocheuses à évolution relativement rapide posent davantage de problèmes quant à la délimitation du domaine maritime. Selon la méthode officielle, la limite se situerait sur la paroi de la falaise à la limite atteinte par le plus haut flot. Mais, si l'on considère le mode d'évolution de la côte par à-coups, un pan entier de versant peut s'écrouler, faisant reculer brutalement le front de la falaise de plusieurs mètres, modifiant le profil et la pente. Les hautes mers n'atteindront donc plus la nouvelle paroi au même niveau qu'avant le mouvement de masse (LE BRIS, 2000). La présence d'une encoche basale peut être un indicateur de la limite d'action de la mer, mais cette morphologie n'est pas systématique et dépend de structure de la roche et du mode d'exposition de la côte. Si l'on prend en compte la profondeur de l'encoche et donc l'extension horizontale de la mer, faut-il alors considérer que la masse calcaire située au-dessus de l'encoche fait partie du domaine maritime ou bien ne retenir que la limite verticale atteinte par le plus haut flot sur la paroi ?

- Les falaises marneuses ou argileuses

Dans les argiles, les falaises présentent le plus souvent un faciès de "badlands", avec un front découpé par des ravins. La partie inférieure est localement constituée de loupes de glissement liées à l'étalement des masses visqueuses sur la plage après les grandes périodes pluvieuses (Fig. 6). Le modelé est donc d'origine continentale, mais la poursuite des glissements est conditionnée par le lessivage de la base de la falaise par la mer (GUILCHER, 1954).

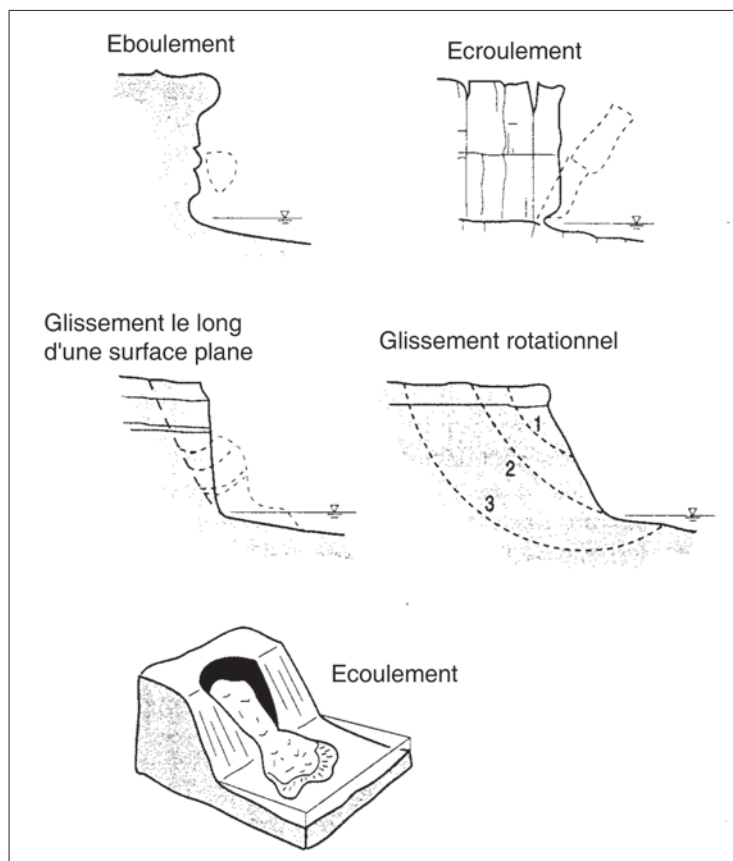


Fig. 6 : Principaux mouvements de masse pouvant se produire sur une côte rocheuse.(d'après SUNAMURA, 1992)

L'exemple le plus typique est celui des falaises des Vaches Noires (Villers sur Mer, Calvados). Une nappe d'eau perchée s'écoule sur le niveau imperméable des argiles. L'imbibition engendre des coulées boueuses qui se détachent par plans de glissements courbes, laissant une niche de décollement concave et s'accumulant sur la plage en une loupe convexe que la mer déblaie par la suite. Des blocs de craie sus-jacente finissent par s'écrouler de façon ponctuelle jusqu'à l'estran. Selon GUILCHER (1954), ce type de falaise évolue en général moins rapidement que les falaises en matériaux meubles.

Souvent, les séries sédimentaires marno-calcaires présentent un faciès composite formé par une alternance de bancs calcaires et d'argile imperméable, où les deux types d'évolution (Fig. 3 – B et D) se combinent. Lorsque la roche susceptible de fluer se trouve à la base et la roche cohérente et rigide au sommet (Fig. 7), les falaises sont sujettes à d'importants glissements : la roche massive (type craie) exerce une pression sur l'argile, gorgée d'eau par de longues averses, qui finit par fluer vers la mer en charriant d'importants blocs de roche sus-jacente. Le glissement a lieu soit en blocs épars si le calcaire est déséquilibré, soit en conservant une certaine stabilité et formant des pinacles isolés de la falaise. Au contraire, quand les argiles se trouvent au-dessus de la roche cohérente, le profil de la falaise tend à être convexe, les écoulements d'argiles masquant les affleurements de roche calcaire sous-jacente (GUILCHER, 1954).

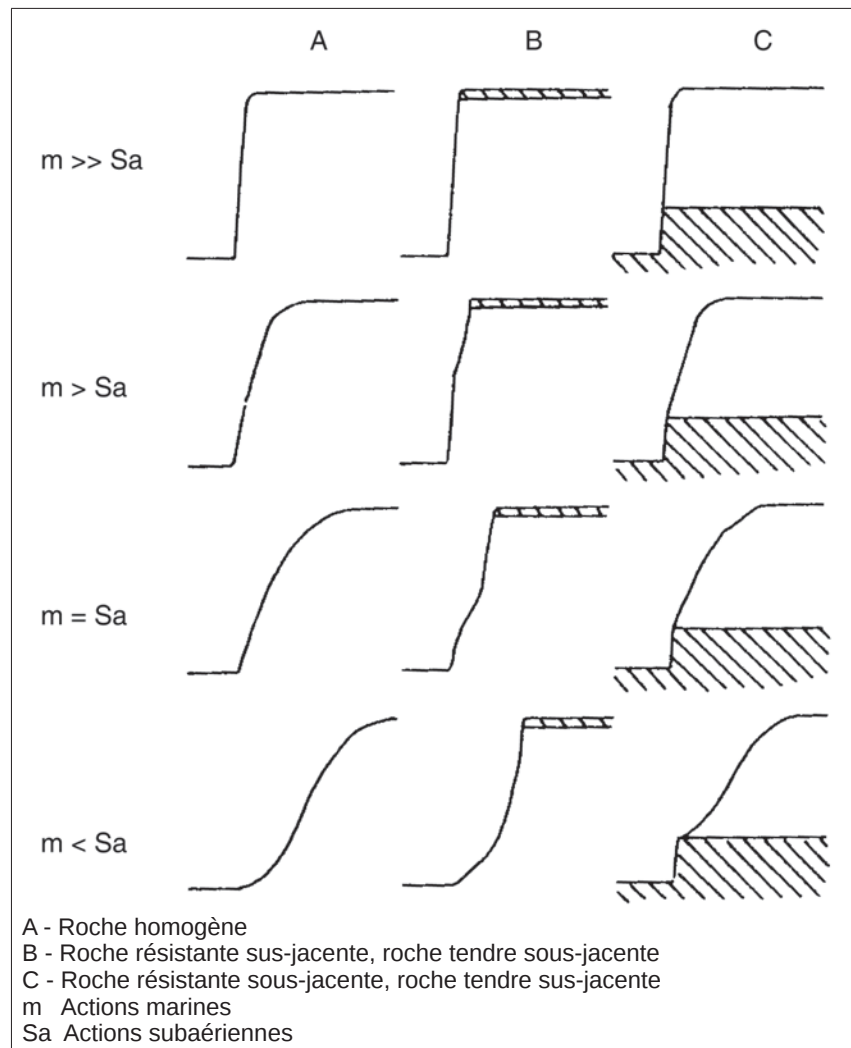


Fig. 7 : Les différents profils de falaises (d'après EMERY et KUHN, 1982)

- Les falaises formées de sédiments meubles

Dans les matériaux meubles tels que les loess, dépôts glaciaires (head), alluvions récentes et cendres volcaniques, les falaises sont très instables, l'évolution généralement rapide se faisant par glissements (Fig. 6) (GUILCHER, 1954). Les secteurs à profil vertical ou très redressé alternent avec ceux à profils à ressauts résultant de l'affaissement de pans entiers (plage de la Mine d'Or à Pénestin). La verticalité de ces falaises dépend de la cohésion du matériel. La teneur en argile de la matrice détermine le mode d'évolution : une matrice argileuse aura tendance à fluer, tandis qu'un limon compact tendra à s'effondrer en paquets. La présence de blocs de toutes tailles peut tantôt retarder le recul de la falaise si le bloc est profondément ancré dans la formation, tantôt l'accélérer lorsqu'un bloc est dégagé et que l'équilibre du versant doit être rétabli.

Les glissements et les coulées boueuses sont généralement consécutifs à des périodes de fortes pluies et proviennent donc d'une action continentale et non proprement marine. L'évolution est rapide et quasi permanente, puisque la pente d'équilibre n'est jamais atteinte en raison du déblaiement constant par la mer des masses glissées.

Les profils des falaises meubles et argileuses sont ainsi très changeants au gré des périodes pluvieuses et du déblaiement de la base de la falaise par la mer. Les phases de recul (redressement du profil) alternent avec la progression des coulées et des glissements sur l'estran. Il paraît délicat dans ces conditions de fixer une limite du domaine public maritime à partir d'une observation ponctuelle du profil.

L'évolution des falaises présente trois modalités : soit elle est relativement stable en raison de la dureté de la roche ou de la fossilisation temporaire de sa base ; soit elle meurt par fossilisation de sa base ou suite à la baisse du niveau marin ; soit elle continue à reculer au détriment des terres situées en arrière, mais à la faveur du domaine maritime. Il importe donc de tenir compte de la résistance de la roche constituant la falaise, qui détermine le mode d'évolution (éboulements, écroulements, solifluxion...) et la vitesse de recul de la côte rocheuse.

Signalons également que des falaises à pétrographie identique peuvent présenter une morphologie de leurs versants littoraux et une évolution sensiblement différentes selon leur situation, en position d'abri ou au contraire exposée aux houles dominantes (Fig. 8). Un versant exposé sera généralement moins colonisé par les espèces terrestres, et plus redressé par la mer qu'un versant de fond de baie qui peut être fossilisé à sa base par la sédimentation.

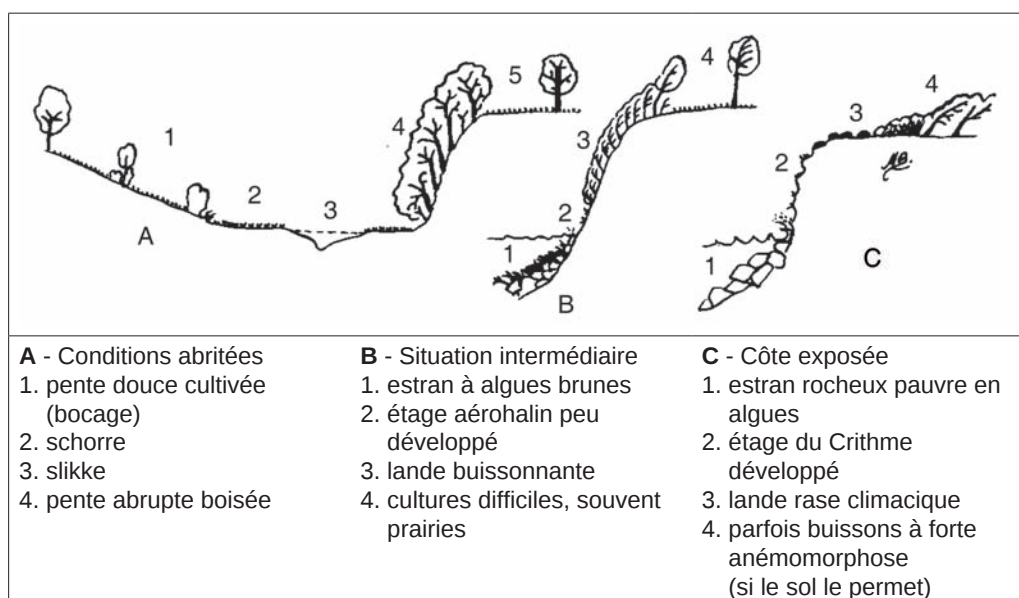


Fig. 8 : Morphologie et végétation des côtes abritées et des côtes exposées (d'après BOURNERIAS et al., 1995)

C) Zonation des formes mineures

Les côtes rocheuses sont le siège d'une multitude de formes d'origine et de taille variées, dont certaines pourront éventuellement marquer la limite des hautes mers. Comme les profils des côtes, la zonation de ces formes mineures est étroitement liée à la lithologie (la dissolution est évidemment plus marquée dans un calcaire que dans un gneiss), ainsi qu'aux agents hydrodynamiques

qui varient régionalement, mais aussi en fonction de chaque site, **des nuances importantes existant entre les côtes exposées et les côtes abritées**. Le plus souvent, les critères botaniques accompagnent de façon très nette la morphologie.

GUILCHER (1954) propose une description très détaillée de la zonation générale des formes sur les côtes rocheuses calcaires (Fig. 9), depuis la zone supratidale atteinte par les embruns jusqu'à la ligne de basse mer. Les formes les plus évoluées se retrouvent dans les mers chaudes, excepté pour la craie, et sont liées notamment aux alternances de phases d'émersion et d'immersion, aux agents biologiques, mais principalement à la dissolution en dehors des parties diaclasées.

La zonation peut paraître moins nette dans les roches non calcaires, où l'altération chimique est moins évoluée, et où l'action mécanique des vagues varie selon l'exposition et la dureté de la roche.

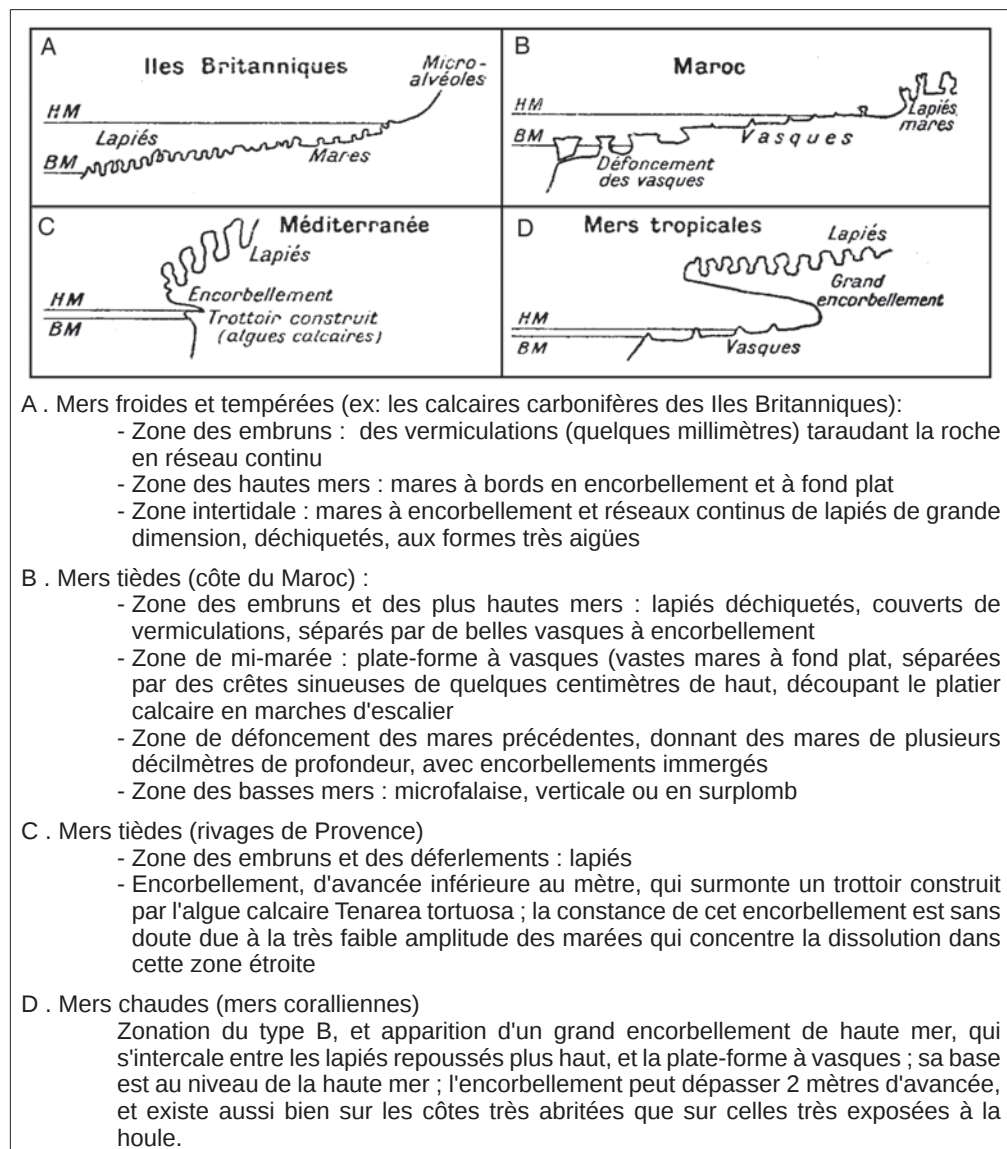


Fig. 9 : Zonation des formes de dissolution du calcaire dans différentes régions littorales (extrait de GUILCHER, 1953)

- L'encoche marine

Le raccordement entre la plate-forme littorale et la falaise est généralement accompagné d'une encoche d'abrasion (wave-cut-notch), ou encoche de marée (tidal notch) proche du niveau des pleines mers, le plus souvent en forme de U ou de V couchés (PIRAZZOLI, 1997).

Ces formes ont pour origine l'attaque mécanique de la mer, mais aussi la dissolution, notamment dans les régions chaudes ou dans les calcaires.

Cette encoche joue un rôle fondamental dans l'évolution de la falaise, en créant un surplomb et un déséquilibre du versant sus-jacent, qui conduit à un éboulement de la falaise. Les plus belles encoches s'observent dans les roches relativement résistantes, qui ne s'écroulent pas trop vite. C'est le cas des roches cristallines comme les migmatites du massif de Saint Malo. Elles sont particulièrement visibles sur les îlots et rochers isolés de l'estran (rochers champignons, *mushroom rocks*), notamment du côté exposé au large, attaqué par les houles.

- Les formes de détail

Toute une série de formes de détail peuvent apparaître dans la zone intertidale, à des niveaux divers selon la durée d'émersion et selon l'exposition de la côte. Leur présence peut confirmer un phénomène (la submersion par exemple), mais leur absence ne signifie pas nécessairement l'absence du phénomène.

Sur la partie supérieure des plate-formes littorales, voire dans la zone des embruns, des mares, des vasques, voire des *lapiez* aux arêtes aiguës peuvent apparaître si la pente le permet, offrant à ces surfaces un aspect très déchiqueté. Ces formes sont dues à l'action du sel, à l'altération ou à la dissolution de la roche, mais aussi à des microorganismes, et sont particulièrement nettes en milieu calcaire.

Les stries peu profondes (ou cannelures) peuvent exister à la base des falaises, liées à la corrosion marine ou éolienne. Des cavités produites par désagrégation de la roche (ou taffonis) existent dans des roches grenues (grès et granites notamment), liées aux variations de température, à l'altération chimique, à l'haloclastie, à la corrosion éolienne.

Les *trous souffleurs* (*blow-holes*) apparaissent au niveau des hautes mers "lorsque l'eau pénètre dans des fissures de la roche et que la force exercée par les vagues expulse l'eau sous pression par une de ces fissures à la surface" (PIRAZZOLI, 1997).

Les *marmites* (*pot-holes*) sont des cavités circulaires creusées dans la roche par le mouvement tourbillonnaire des vagues chargées de sédiments plus ou moins grossiers. On les observe dans la zone intertidale, où les courants chargés de sédiments permettent le creusement.

Cependant, certaines formes dans des roches particulièrement résistantes peuvent correspondre à des héritages d'anciens niveaux marins plus hauts que l'actuel : la présence de vasques dans les granites littoraux au-dessus des hautes mers, par exemple, ne signifie pas que ces formes soient liées aux

conditions actuelles, étant donné que l'on observe ces formes assez loin dans les terres et que leur vitesse d'évolution reste mal connue (GODARD, 1977).

La présence d'une encoche marine ou de formes mineures peut ainsi indiquer le niveau des hautes mers ou bien une zone fréquemment atteinte par l'eau salée. Si l'origine de certaines formes est quasiment indiscutable (présence de lapiez sur les estrans rocheux), d'autres peuvent prêter à confusion. Il est primordial de différencier formes actuelles et héritages. D'autre part, l'absence de ces formes peut s'expliquer par la lithologie de falaises et/ou l'exposition de la côte, et n'est pas nécessairement une preuve que le niveau n'est pas atteint par l'eau salée.

Planche B
Côtes meubles - Cordons littoraux
Plages, dunes et cordons de galets



Sables d'Or-les-Pins (22)



Sables d'Or-les-Pins (22)



Sables d'Or-les-Pins (22)



Saint-Malo / Rothéneuf (35)



Mers-les-Bains (80)



Sables d'Or-les-Pins (22)

I.3.2. Les côtes sableuses. Plages et dunes littorales

La recherche d'indicateurs susceptibles de délimiter le domaine public maritime est particulièrement complexe sur les littoraux sableux.

Il s'agit en effet de milieux extrêmement dynamiques et mobiles, où les formes sont modifiées au gré des marées et des saisons par les agents morphogéniques, particulièrement efficaces. Ces côtes meubles doivent leur constante mobilité aux sédiments qui les constituent : les sables.

La recherche d'indices géomorphologiques de délimitation du domaine public maritime peut donc s'appuyer sur les formes rencontrées dans ces milieux, mais doit surtout mettre en évidence et prendre en compte l'évolution constante de ces littoraux.

A) Les différents types de côtes sableuses

Les différents types de côtes sableuses ont largement été étudiés par de très nombreux auteurs parmi lesquels GUILCHER (1954), KING (1961), PASKOFF (1993), et récemment, de façon très complète par PINOT (1998) (Fig. 10).

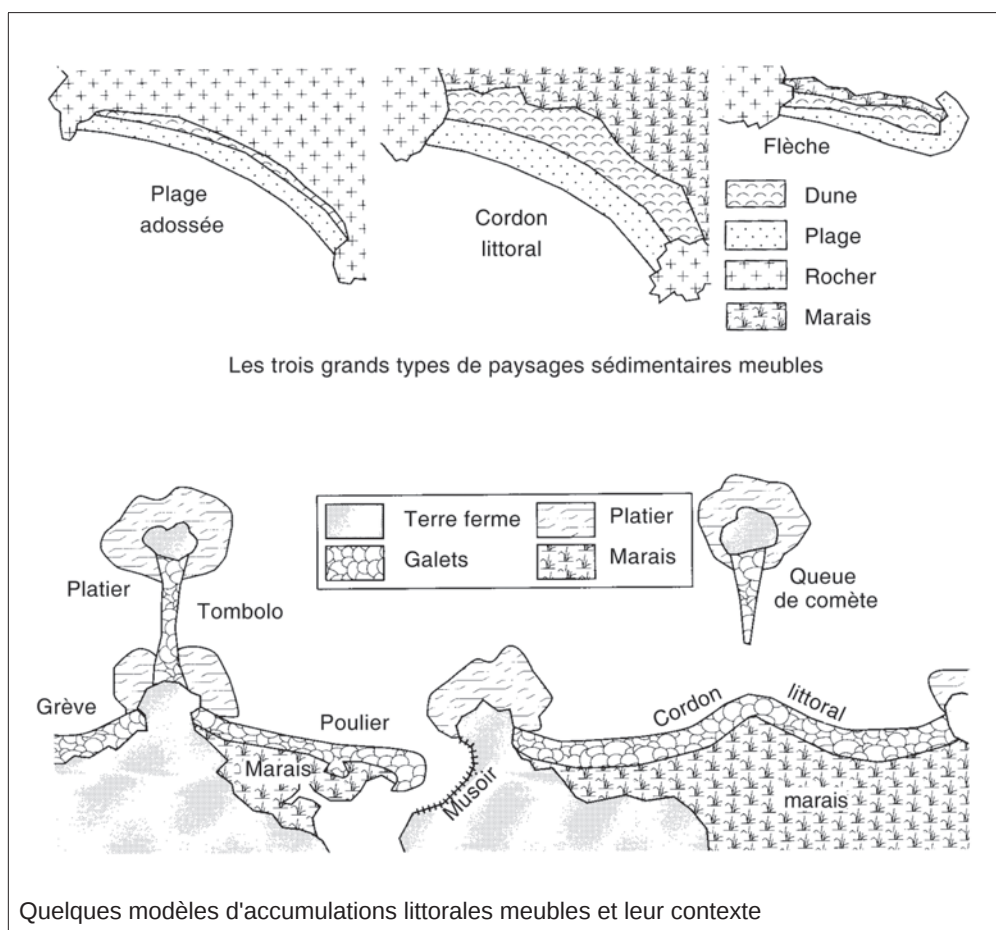


Fig. 10 : Les différents types de côtes sableuses (extrait de PINOT, 1998).

Les plages adossées

Les plages adossées correspondent à des estrans sableux adossés à une côte rocheuse à laquelle elles sont étroitement liées. Leur profil est déterminé par le platier rocheux sous-jacent, la couverture sableuse étant généralement peu épaisse, de l'ordre de quelques décimètres à quelques mètres.

L'avant-côte correspond au prolongement de la côte rocheuse, éventuellement recouverte de sédiments si la plage est en engraissement. Les dunes sont souvent absentes ou relativement peu développées. Elles peuvent parfois escalader le versant, masquant le pied de celui-ci, et se trouver perchées, comme en certains points de la Côte Sauvage à Quiberon (PINOT, 1998). Dans ce cas, la question de la limite du domaine public maritime semble d'autant plus complexe : doit-on appliquer le mode de délimitation de milieu rocheux, en s'intéressant à la paroi d'appui, ou sableux, en intégrant éventuellement au domaine public maritime les dunes perchées ?

Lorsque la plage est stable ou en érosion, le platier rocheux est mis à nu, la dune - le cas échéant - est érodée et la côte rocheuse tend à être attaquée par la mer.

En revanche, si la plage est en accrétion, le système fonctionne comme les cordons dunaires, la dune et l'avant-côte servant de régulateur du stock sédimentaire de la plage.

L'ados rocheux joue donc un rôle essentiel, selon qu'il est masqué ou non par un système dunaire, même modeste. Ces côtes sont généralement stables ou en faible recul.

Dans les régions côtières formées de roches dures, les plages adossées se présentent sous forme de "plages de poche" ("*pocket beach*") de petite taille, limitées par une falaise en arrière, un promontoire de chaque côté et une barrière rocheuse sur l'avant-côte. Si le trait de côte est très déchiqueté, ces plages se rencontrent dans les anfractuosités du littoral. Leur évolution s'effectue en système relativement clos, sans échange avec les plages voisines. Le stock sédimentaire reste assez constant, le sable se déplaçant transversalement ou latéralement sous l'influence des houles.

A l'inverse, certaines plages, de beaucoup plus grande taille, peuvent être adossées sans être limitées latéralement par des pointes rocheuses. La dérive littorale joue un rôle essentiel le long de ces côtes, où elle renouvelle le stock de sable avec, dans certains cas, édification de flèche sableuse.

Les cordons littoraux ou plages accrochées

Les cordons littoraux sont des "versants descendant vers la mer, complétés, sur le revers, par un versant en sens inverse qui descend vers une zone humide" (PINOT, 1998). Ils sont ancrés aux deux extrémités à la terre ferme, en général à des pointes rocheuses.

La nature du sédiment n'intervient pas dans la définition des cordons littoraux, pourvu que les éléments soient meubles. On observe ainsi des cordons exclusivement sableux et des cordons de galets.

L'avant-côte précédant les plages accrochées présente une faible pente et est généralement constituée de sable fin, même s'il s'agit d'un cordon de galets. L'épaisseur de sable sur l'estran peut être importante (parfois plus de 10 mètres),

avec souvent des intercalations de niveaux de galets correspondant à des épisodes de fort démaigrissement de la plage.

Le profil de plage est concave, en pente douce vers le bas de plage, tandis que le haut de plage présente une pente plus forte, particulièrement s'il est formé d'un cordon de galets. En arrière de la dune, qui peut être bien développée et former alors de larges massifs très élevés, on observe souvent une zone déprimée qui se colmate peu à peu, soit par des vases marines, s'il s'agit d'une lagune où pénètre la mer, soit fluviales, dans le cas des étangs de la côte landaise ou des loc'h bretons.

Le recul de ces systèmes littoraux peut prendre deux formes différentes : soit il s'agit du recul du front dunaire et de la plage, lié aux houles destructrices généralement hivernales, le recul pouvant alterner avec des phases de reconstruction par houles de beau temps ; soit c'est l'ensemble de la masse sableuse toujours émergée qui recule, à cause des transferts de sédiments par le vent (PINOT, 1998). Ces deux reculs qui peuvent se cumuler, ne sont pas liés au même agent, et ne se déroulent pas à la même saison, ni à la même cadence.

Le recul d'un cordon sableux est souvent plus important au centre de la plage qu'à ses extrémités en raison de la diffraction des houles, ce qui engendre la forme arquée de ces littoraux. Des crêtes dunaires peuvent s'édifier, formant un nouveau cordon qui vient progressivement se plaquer devant l'ancien. La construction les uns devant les autres de cordons successifs, puis leur accréition, engendre la création de plaines littorales, parfois très larges, souvent occupées par des dépressions humides.

Les caractéristiques des cordons de galets rappellent globalement celles des cordons sableux.

Cependant, les galets, plus lourds et plus volumineux que les sables, sont beaucoup plus difficiles à déplacer, mais aussi à arrêter une fois en mouvement, en raison du roulement sur la pente. Ils peuvent être projetés en arrière de la crête du cordon lorsque les houles sont suffisamment puissantes. Les cordons de galets présentent des pentes fortes de l'ordre de 31°, parfois plus s'il s'agit de gros éléments.

La pente définit les caractéristiques de la dynamique du cordon, fonction de l'agitation qui fasconne les galets (distance, hauteur). L'érosion du front du cordon et la projection de galets engendrent la formation d'une plate-forme sommitale (PINOT, 1998).

Les flèches sableuses

Contrairement au cas précédent, les flèches à pointe libre ne sont accrochées qu'à une des extrémités (flèches en position frontale, queues de comètes), ou ne sont pas accrochées du tout (îles barrières).

Si dans le cas des plages accrochées ou adossées, le stock sableux est relativement stable, ici au contraire, le système est ouvert, et les flèches, très instables, ne doivent leur existence qu'à l'abondance de matériaux qui y transitent (PINOT, 1998).

Les queues de comètes ou traînes (banner banks) sont des accumulations en arrière d'une île ou d'un rocher.

Lorsque la pointe libre d'une queue de comète parvient à s'accrocher au rivage, on parle de tombolo, ou flèche-isthme (GUILCHER, 1954). Ils peuvent être submersibles, ou suffisamment élevés pour émerger à marée haute ou même porter un massif dunaire. Les tombolos peuvent être doubles, voire même triples, en triangle, isolant ainsi une lagune. Ils peuvent également réunir des îles en chapelets.

Les flèches sont en position frontale lorsque leur axe est parallèle aux crêtes de houles dominantes. Elles sont allongées dans le sens de la dérive, et abritent une zone basse située en arrière, submersible par la mer, avec souvent un marais maritime qui se développe contre la face interne de la flèche. Des flèches de ce type s'observent à l'entrée des estuaires, dans les baies, ou encore dans le prolongement d'un segment littoral. Les cordons sableux peuvent se transformer en flèches, par rupture accidentelle, soit à la suite du franchissement du cordon par les houles, soit par débordement de la zone humide en arrière, après de fortes précipitations par exemple. Comme les plages accrochées, ces flèches peuvent reculer, par transfert des matériaux progressivement du front vers le revers de la dune ; d'autre part, le bilan sédimentaire peut être déséquilibré : si le sable franchit la pointe libre, le front appauvri en sédiments tend à reculer.

Les îles-barrières

Les îles-barrières sont de longues flèches situées en avant d'une côte basse, pas toujours enracinées sur des pointements rocheux, tronçonnées par des passes. Elles sont constituées de crêtes de plages édifiées successivement et souvent dunifiées.

Leur longueur varie de quelques centaines de mètres à plusieurs centaines de kilomètres pour la longueur, et leur largeur est comprise entre quelques dizaines de mètres et quelques kilomètres (PASKOFF, 1993).

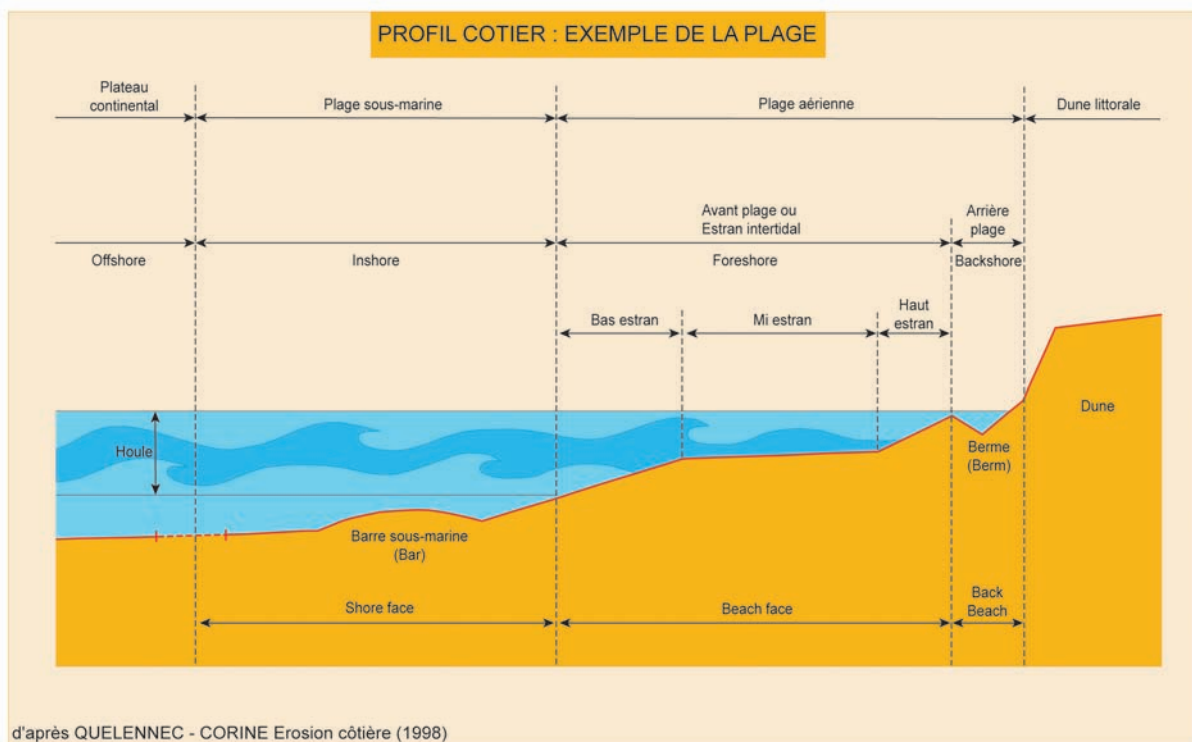


Fig. 11a : Profil général du système avant-côte / plage / dune littorale

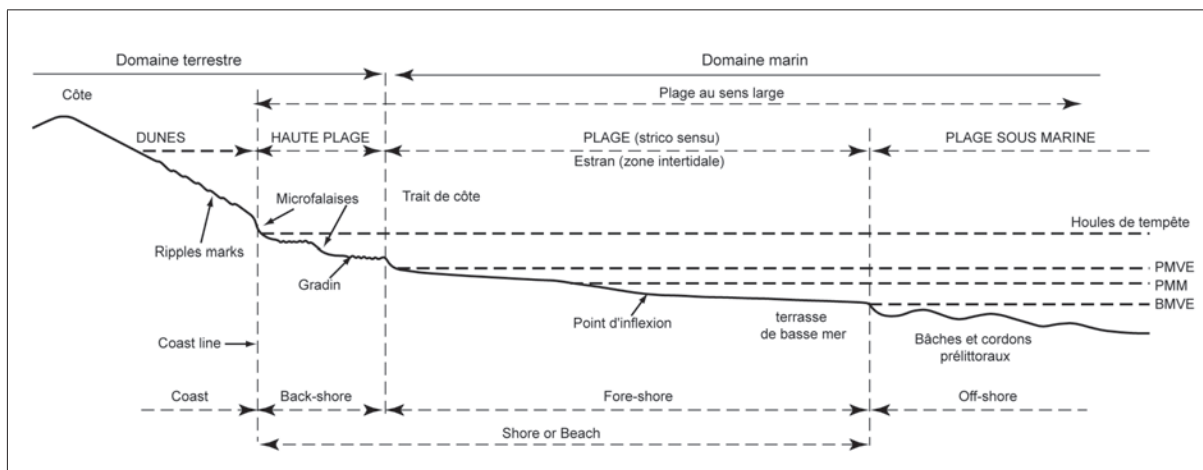


Fig. 11b : Coupe schématique montrant les diverses zones des côtes sableuses et terminologie anglo-saxonne équivalente (d'après SHEPARD, 1973)

B) Profil général d'une côte sableuse

L'avant-côte (ou "plage sous-marine", "avant-plage" ou encore "*offshore*") s'étend depuis le niveau des basses mers jusqu'à la plate-forme continentale (Fig. 11).

En réponse aux variations subies par l'estran, l'avant-côte est mobile et ses limites varient temporellement et spatialement selon les apports en sédiments et les conditions morphodynamiques.

Lorsque la plage est en érosion, les sédiments sont entraînés vers le bas de plage et s'accumulent temporairement au niveau de l'avant-plage.

Inversement, lorsque les houles redeviennent constructrices, les sables stockés sur l'avant-côte sont repris, et remontés sur la basse et moyenne plage souvent sous forme de rides périlittorales qui viennent progressivement alimenter la plage qui est alors en situation d'engraissement. La pente de l'avant-côte est généralement faible, inférieure à celle du bas de plage. Une grande part de l'énergie des houles est consommée sur ces petits fonds, ce qui réduit d'autant l'attaque de l'estran ou de la dune.

Une côte recule donc théoriquement d'autant moins vite que son avant-côte est large et en pente douce.

Les avant-côtes rocheuses à écueils jouent également un rôle de barrière, d'une part en provoquant un premier déferlement dans les côtes très battues, d'autre part en freinant les exportations de sable (PINOT, 1998).

La *plage* ou *estran* ("*beach*" ou "*shore*" des anglo-saxons) est la partie du littoral sableux qui s'étend de la ligne des hautes mers jusqu'à celle des basses mers.

On distingue généralement le haut de plage du reste de l'estran, cette frange supérieure étant submergée plus ou moins fréquemment, au gré des variations de coefficients de marée, contrairement à la moyenne et basse plage, quotidiennement soumises au balancement des marées.

L'estran est au centre du système : le démaigrissement de la plage fait engraisser l'avant-côte et reculer la dune.

Si les sédiments, la pente et le plan de la plage sont en équilibre avec la houle, toute modification de la houle entraîne un changement dans le profil de la plage, donc de l'ensemble du système, ces perturbations pouvant jouer à diverses échelles de temps.

Les dunes littorales sont des accumulations éoliennes de sable marin, où la végétation joue un rôle de piège à sédiments en ralentissant les filets d'air.

Le massif dunaire littoral fait partie intégrante du système avant-plage/plage/dune. Il est attaqué par la mer lorsque la plage est en érosion : le profil d'équilibre laisse alors sa place à une falaise entretenue par la mer et le vent : sapement basal du front dunaire, déstabilisation de la dune, éboulement sur le haut de plage, dégagement du sable tombé sur le haut de plage, nouveau sapement à la base, etc...

L'attaque et le recul durent jusqu'à ce que la plage ait reçu de nouveaux apports sédimentaires (apports transversaux par les houles constructrices, ou longitudinaux par la dérive littorale) et retrouvé son équilibre.

Le plus souvent, différentes générations de dunes coexistent, les plus récentes chevauchant les plus anciennes. PASKOFF (1993) distingue plusieurs types de dunes : les dunes élémentaires, bordières, libres, paraboliques, et enfin les dunes en traînées (Fig. 12).

L'évolution des plages se fait à plusieurs échelles temporelles emboîtées. Les littoraux sableux de la zone tempérée connaissent classiquement un cycle d'évolution saisonnière où se succèdent démaigrissement et engraissement. L'érosion hivernale est notamment marquée dans la morphologie de la plage par une microfalaise dans le bourrelet de haute plage, qui tend à atteindre la base de la dune lors des marées de vive-eau.

En saison estivale, le sable accumulé sur le bas de plage ou l'avant-côte durant l'hiver tend à venir alimenter de nouveau le bas et moyen estran et le bourrelet de haut de plage qui est alors en accrétion.

Entre deux séries de tempêtes, les sédiments évoluent en système fermé entre la dune, la plage et l'avant-côte.

Si l'hiver est marqué par de fortes tempêtes, le sable peut être emporté vers le large jusqu'à une profondeur trop importante pour qu'il puisse ensuite être réimporté vers la plage.

Cette perte de sédiments provoque le démaigrissement de la haute plage, qui tend à être compensé par une alimentation à partir du sable dunaire.

Le front de la dune, soumis à l'action des vagues, est taillé en falaise et le massif dunaire est alors en phase de recul.

Cette érosion est auto-entretenu tant qu'il n'y aura pas assez d'apports sédimentaires, notamment par la dérive littorale.

A terme, l'alternance de phases de recul et d'avancée du trait de côte peut aboutir à un bilan positif ou négatif.

La conjoncture actuelle (élévation certaine du niveau marin, dégradations anthropiques...) conduit le plus souvent à un bilan négatif ou stable, plus rarement positif.

Ainsi, BIRD (in PASKOFF, 1993), observait en 1985 un état de régression généralisé des côtes à l'échelle du globe, les littoraux meubles progradants restant très localisés.

Sur 70 % de leur longueur, les plages du globe étaient en érosion en 1985, 20 % étaient relativement stables, et 10 % seulement en état de progradation.

D'après les résultats du programme européen CORINE Erosion Côtière (Ministère de l'environnement, 1998), 38 % des plages françaises sont stables, 48 % en érosion et seulement 10 % en engraissement (les 4 % restant étant exclus de la nomenclature ou non inventoriés).

Cependant, on peut observer par exemple des flèches à pointe libre continuant leur progression, notamment à proximité de falaises en érosion.

Lorsque ce sont des plages en érosion qui nourrissent les flèches, il s'avère que les surfaces gagnées sont inférieures à la surface perdue par régression, en raison de la profondeur que les accumulations doivent combler avant d'émerger.

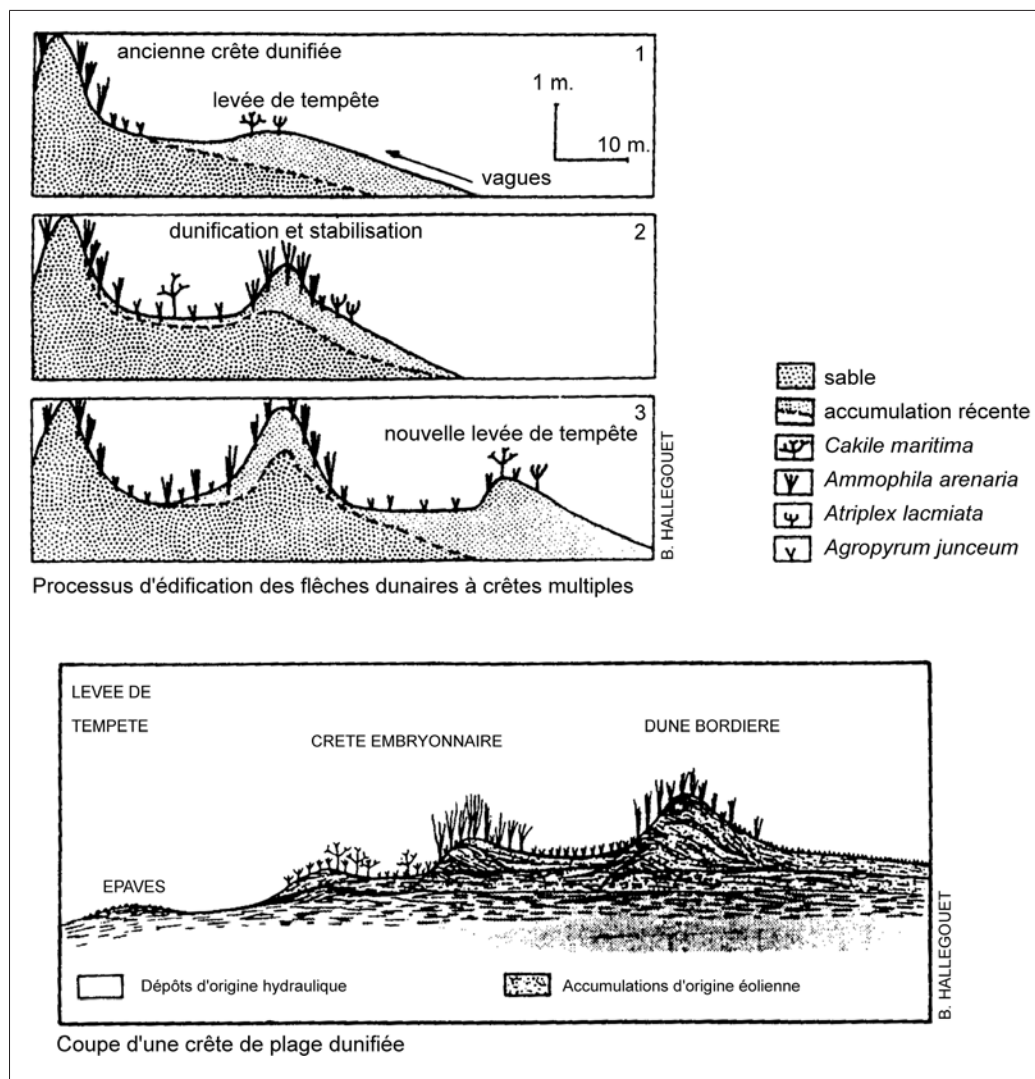


Fig. 12 : Edification des flèches dunaires et coupe du haut de plage et de la dune (extrait de HALLEGOUET, 1990)

Tendances évolutives des côtes en France
d'après QUELENNEC - *CORINE Erosion côtière* (1998)

Longueur de
rivage :
7205 km
(réf. carte au
1/100 000)

Présence d'ouvrages de défense côtière par type de faciès								
Rocheuses	Ouvrages	Plages		Limonovaseux		Artificiels	Fictive	Total
Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	
2 827	123	1 567,50	961,4	500,8	240,6	933,6	51,3	7 205

Tendances d'évolution du littoral										
Pas d'information		Stabilité		Erosion		Sédimentation		Non applicable		Total
km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	
684	9,5	3 343	46,4	1 586	22	727	10,1	865	12	7 205

Tendances d'évolution des côtes rocheuses								
Pas d'information		Stabilité		Erosion		Sédimentation		Total
km	%	km	%	km	%	km	%	
453	15,3	2 157	73,1	341	11,6	0	0	2 950

Tendances d'évolution des plages								
Pas d'information		Stabilité		Erosion		Sédimentation		Total
km	%	km	%	km	%	km	%	
102	4	976	38,6	1 206	47,7	244	9,7	2 529

Tendances d'évolution des rivages limonovaseux								
Pas d'information		Stabilité		Erosion		Sédimentation		Total
km	%	km	%	km	%	km	%	
88	11,8	153	20,7	30	4	471	63,6	741

C) Les données sédimentologiques

Les sédiments de plage sont formés de particules élémentaires non cimentées dont la granulométrie s'étend des sables fins (200 μm) aux sables grossiers (2mm). Ces littoraux sont donc caractérisés par l'extrême mobilité de leurs sédiments dont chaque élément minéral se déplace individuellement, contrairement aux milieux vaseux, où l'on entre dans le domaine des sédiments cohésifs (vase < 40 μm). Une certaine cohésion peut cependant exister lorsque les sables sont mouillés, ce qui freine leur déplacement par le vent mais qui n'empêche pas leur remise en mouvement par la mer.

Les sédiments subissent un classement granulométrique effectué par les agents hydrodynamiques (CAILLEUX, 1952), houles et courants de marée (dont la compétence tend à diminuer vers le haut de plage) et le vent (qui intervient en haut de plage et plus modérément sur la frange intertidale à marée basse).

Les éléments les plus grossiers sont accumulés en partie haute de l'estran par le jet de rive dont l'énergie décroît au fur et à mesure de sa progression, en raison de la pente croissante, mais aussi des forces de gravité et de frottement.

La nappe de retrait, quant à elle, peut évacuer les éléments les plus fins vers la mer.

Les variations de compétence des agents dynamiques (liées à la présence d'obstacles et au ralentissement des courants) se traduisent par une stratification des dépôts littoraux où alternent des strates millimétriques ou centimétriques de sables grossiers, fins, coquilles, et de minéraux lourds.

Le mouvement des vagues engendre un façonnement spécifique des grains constitutifs du sable ; les grains de quartz, transportés en milieux aqueux, sont émoussés luisants, et les galets sont très fortement usés par attrition, présentant des formes ovoïdes, discoïdes, voire sphériques.

Le vent engendre également une usure mécanique par frottement des grains entre eux dans l'air les rendant ronds et mats, picotés de marques de choc (CAILLEUX, 1952). Cette usure dépend de la durée de l'éolisation.

Zonation des sédiments sur les littoraux sableux

Les sables dunaires sont généralement homogènes, fins à moyens, leur médiane étant inférieure à celle des sables de la plage (LANG et al., 1968).

Les sédiments de la plage et du haut de plage sont souvent bien triés, car ils représentent des dépôts par perte de compétence des courants en milieu aqueux ou aérien.

Les galets et graviers sont rarement présents à proximité des dunes, mais peuvent avoir été projetés relativement loin lors des tempêtes.

Les sédiments du haut de plage sont formés par le mélange de deux stocks granulométriques : l'un, plus grossier, correspond au sable de plage, l'autre, plus fin, provient de la dune. La part relative de ces deux stocks tend soit vers les sables dunaires, si la dune est en érosion, soit vers ceux de l'estran dans le cas contraire. Les sédiments de la plage sont plus diversifiés que ceux des dunes dans leur composition, mais aussi dans leur granulométrie. Sables grossiers et fins présentent dans le détail une nette stratification et des différences existent entre le haut et le bas estran.

Les sables de l'avant-plage sont en général plus fins que les sédiments de l'estran en raison de la pente très douce, du tri par les vagues et le déferlement, et du retour des particules les plus fines vers le large. Des variations granulométriques existent en relation avec la morphologie sous-marine (zones vaseuses, dépressions où s'accumulent des coquilles, bancs de sable ou de cailloutis...).

Variations de la teneur en calcaire

En dehors des variations locales de la plage, une certaine évolution de la teneur en calcaire des sédiments s'observe, avec diminution des carbonates de l'avant-plage à l'estran, puis de l'estran aux dunes (MEUR, 1993). Ceci est d'autant plus vrai que la teneur en calcaire organique est importante, et s'explique par l'abondance de coquilles et débris calcaires.

La diminution de la teneur en calcaire vers le haut de plage et la dune provient de la plus grande rareté des débris calcaires, et au plus grand rôle de la dissolution, notamment par les eaux de pluie et de la nappe phréatique en profondeur. Cette dissolution du calcaire est à l'origine des grésifications que l'on peut rencontrer dans les dunes.

D) Zonation des formes mineures

C'est à partir du niveau du "haut-de-plage", ou "*backshore*" des anglo-saxons, qu'il faut rechercher des indicateurs susceptibles de délimiter le domaine public maritime.

En effet, si l'ensemble plage et avant-plage en fait indiscutablement partie, il n'en est pas forcément de même pour la totalité du haut de plage et les dunes.

Morphologie du haut de plage

C'est au niveau du haut de plage que l'action directe des vagues s'arrête. Le haut de plage s'étend depuis la ligne des hautes mers jusqu'au pied des dunes, et n'est recouvert que par les très hautes mers et lors des tempêtes. Entre la plage, atteinte régulièrement par la mer, et la partie fixée par la végétation, la zone de transition est atteinte à la fois par la mer lors des tempêtes et par le vent et présente quelques espèces végétales pionnières (Fig. 13) (DUBREUIL, 1984).

Sa largeur est liée à la hauteur d'eau, à la pente moyenne de l'ensemble de la plage, et à sa dynamique (érosion ou accumulation) et est plus importante dans le cas des pentes très faibles.

Sa limite supérieure est théoriquement marquée par une rupture de pente, sous forme d'une entaille d'érosion au niveau des plus hautes mers, qui la sépare de la dune (OTTMANN, 1965).

En pratique, cette limite est difficile à déterminer car elle se crée généralement en hiver et disparaît assez rapidement après les périodes de vives-eaux par éboulement du sable asséché.

Lors de l'étale de pleine mer, le déferlement des vagues (notamment en hiver) façonne des gradins de plage successifs variant avec les niveaux de la marée. Ces ruptures de pentes sont particulièrement nettes dans les sables grossiers, et a fortiori dans les galets, ce qui n'est pas le cas dans les sables fins.

Le niveau du gradin le plus haut correspond à la limite atteinte par les dernières plus hautes mers.

En période de beau temps en revanche, les vagues et le vent apportent des sédiments qui peuvent s'accumuler en haut de plage, formant une berme, qui sera peu à peu végétalisée et intégrée au massif dunaire si une phase érosive n'intervient pas.

Ces formes peuvent être atténuées voire remodelées par déflation (dans le cas des sables) ou détruites par le piétinement. Le niveau atteint par le plus haut flot est également marqué par la limite sable sec/sable humide, soulignée par les laisses de mer (algues, déchets apportés par la mer).

Le profil transversal d'une plage présente une succession de pentes, liée à la granulométrie des sédiments et donc à un régime hydrodynamique particulier.

En règle générale, plus la pente de la plage est forte, plus les sédiments sont grossiers. Ainsi, les sables fins couvrent des plages à pente très faible alors que les cordons de galets qui occupent des hauts de plage ont une pente très raide.

Les ruptures de pente peuvent, dans certains cas, constituer des indices ponctuels dans le temps de délimitation du domaine public maritime, mais il est difficile d'établir une règle concernant la localisation des ruptures de pentes.

- Lorsque la plage est en phase d'accumulation (Fig. 14), que la dune colonisée par la végétation pionnière progresse nettement sur le haut de plage, on ne remarque généralement qu'une légère rupture de pente entre dune et haute plage, qui présentent toutes deux des pentes relativement fortes en continuité.

La limite de la dune est cependant repérable par la végétation et par des sédiments généralement plus fins qu'en haut de plage.

En revanche, il existe souvent une rupture bien marquée entre la pente du haut de plage et celle de la moyenne et basse plage, correspondant au niveau le plus fréquemment atteint par la mer.

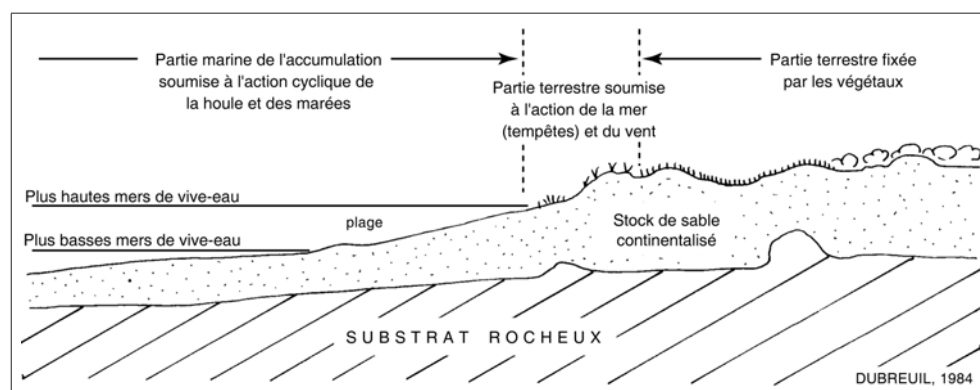


Fig. 13 : Situation des dunes bretonnes (d'après DUBREUIL, 1984)

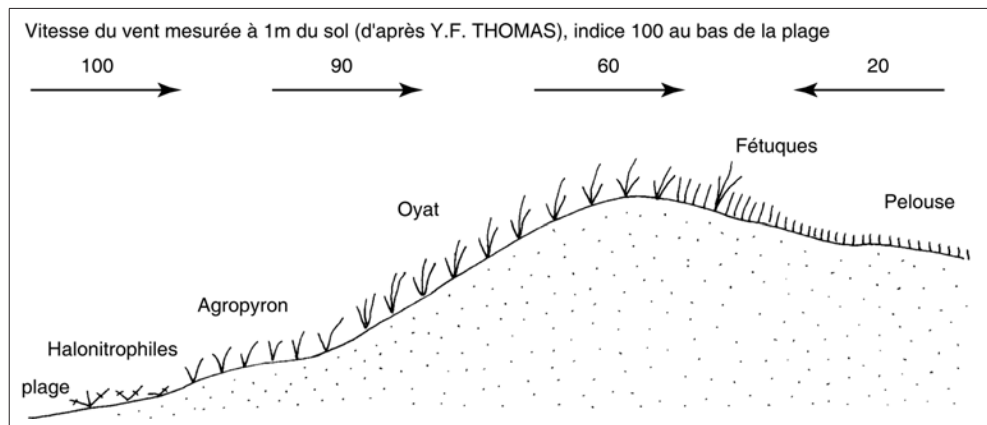


Fig. 14 : Profil d'équilibre-type de la zone de contact plage / dune
(d'après THOMAS, 1975)

- Lorsque la plage est stable ou en accumulation, mais que la dune ne progresse pas sur le haut de plage, il existe une rupture de pente plus nette entre dune et haut de plage, et entre haut de plage et estran, celle-ci étant d'amplitude moins grande que dans le cas précédent.
- Après une saison hivernale en revanche, haut de plage et estran sont généralement séparés nettement par une microfalaie de démaigrissement (Fig. 15), qui peut migrer vers la dune lors des marées de vive eau, réduisant (voire anéantissant) du même coup le haut de plage.
- Quand la plage est en érosion dite chronique, c'est à dire quand la microfalaie a atteint la dune jusqu'à la tailler en falaise de plusieurs mètres de haut (Fig. 16), le profil ne présente plus de rupture de pente franche depuis le pied de la falaise jusqu'à la basse plage, et la granulométrie est relativement homogène sur le profil. Ces falaises dunaires sont en général auto-entretenu, par l'action du vent uniquement, ou par sapement et redressement par la base du front dunaire dénudé.
Il faudra attendre l'apport de sable par la mer ou par éboulements de la dune pour retrouver une rupture de pente entre haut de plage et estran et une nouvelle diversité granulométrique.
La chute de touffes de végétation sur la pente peut favoriser le piégeage et la fixation du sable éolien.

Les formes mineures du haut de plage

Haut de plage, estran et avant-plage présentent plusieurs types de formes de détail liées à l'action des différents agents dynamiques. Nous ne nous intéresserons ici uniquement à la morphologie du haut de plage. Cette zone est soumise à l'action marine (déferlement, jet de rive, clapot), mais aussi, entre deux cycles de marées de vive-eau, à la déflation et aux embruns.

- Les *ripple-marks*, ou rides d'oscillation, sont produites par le vent sur le sable sec, et par les courants et le clapot dans les secteurs immergés.
Les rides dues au vent (quelques centimètres de haut, 10 à 15 de longueur d'onde) sont plus petites que celles dues à l'eau. Ces microformes sont dissymétriques, avec une face douce et l'autre raide. Par temps sec et

venté, ces ripples marks couvrent la face au vent des dunes et du haut de plage. Ces formes sont très abondantes dans les milieux sableux, mais leur apparition est relativement aléatoire (puisqu'elle dépend de l'amplitude et de la compétence des vagues ou de la vitesse du vent, de la taille des sédiments et de leur degré d'humectation).

Leur présence ne semble donc pas un indicateur fiable dans la délimitation du domaine public maritime.

- Les croissants de plage (*beach-cusps*) sont des festons de haut de plage ouverts sur la mer, de quelques mètres d'amplitude, de 50 cm à 1 mètre de dénivelé, qui se développent sur les grandes plages, notamment lorsque les sédiments sont grossiers. Ils sont liés au mouvement de va-et-vient des vagues, mais les conditions exactes de leur genèse font encore l'objet de discussion.

Leur localisation ne semble pas réellement différer de celle des gradins de plage successifs, et leur présence épisodique ne paraît pas non plus être un critère suffisant de délimitation du domaine public.

- Les lobes de plage (PASKOFF, 1993) sont des formes à caractère rythmique, qui diffèrent des croissants de plage, mais les deux formes peuvent coexister. Il s'agit de sinuosités régulières de grande longueur d'onde (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres), le long de plages au tracé faiblement courbe.

Ces lobes sont dus à des caractéristiques de la houle engendrant une fragmentation de l'énergie au moment du déferlement ; ils migrent dans le sens de la dérive littorale.

Encore une fois, ces formes éphémères ne semblent pas propices à la délimitation. Elles ne font que souligner l'action marine.

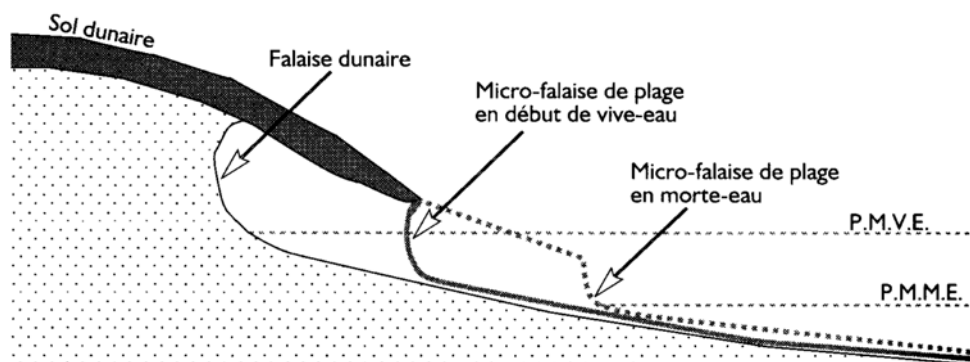


Fig. 15 : Préparation du recul de la dune par l'érosion de la plage (d'après PINOT, 1998)

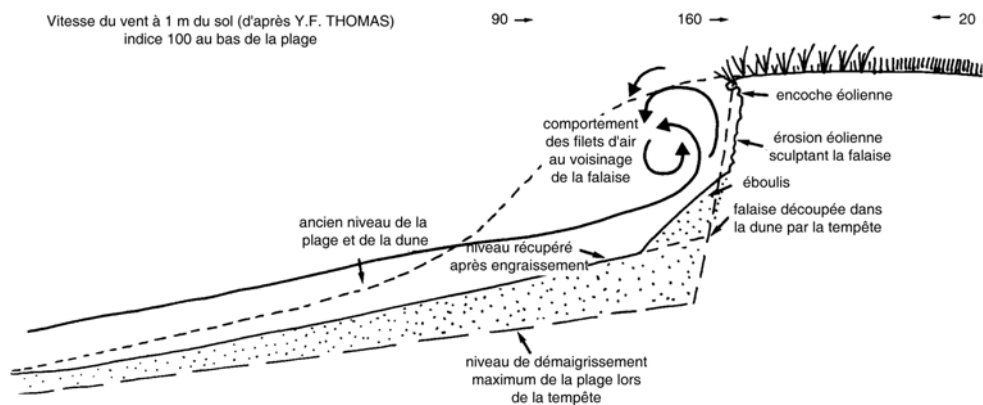


Fig. 16 : Profil dunaire dégradé : la falaise est auto-entretenu par l'action éolienne (d'après DUBREUIL, 1984)

Ces formes mineures sont riches en information : leur situation et leur orientation, leur taille, leur fréquence permet d'estimer les conditions de leur formation, en liaison directe avec la dynamique du milieu.

Dans le cas de la recherche d'indices de délimitation du domaine public maritime, la présence –le cas échéant- de ces formes mineures peut, certes, confirmer l'action d'un agent morphodynamique, mais ne peut nullement constituer un critère déterminant de délimitation en raison de leur caractère éphémère et plus ou moins aléatoire.

Certains auteurs ayant analysé la consistance du domaine public considèrent que les dunes appartiennent au domaine terrestre, prenant comme argument leur origine éolienne (DUFAU, 1987). Morphologiquement mais aussi sédimentologiquement, les dunes font partie intégrante du système que constituent les littoraux sableux.

Les sédiments qui les composent ont effectivement été mis en mouvement et déposés par le vent, mais ont avant tout une origine et un façonnement marin, seulement retouché par le vent.

Les reculs et avancées des massifs dunaires au gré des périodes d'érosion ou d'accumulation en font des milieux aux limites changeantes. A tout moment, lors d'une tempête par exemple, le cordon dunaire est susceptible d'être attaqué, voire rompu, par la mer. Il paraît donc impossible, d'un point de vue morpho-sédimentaire, de dissocier les dunes du reste du système.

En ce qui concerne la limite du domaine public maritime, on cherche des indicateurs morphologiques du niveau des hautes mers.

Au moment de la délimitation, les dunes ne font donc pas partie du domaine public maritime ; en revanche, étant donnée la tendance actuelle à l'érosion des côtes sableuses, les dunes fréquemment attaquées, fournissent des sédiments à la plage et reculent, entraînant une remontée vers la dune du niveau des hautes mers.

La prise en compte des interactions entre le haut de plage et le massif dunaire semble donc essentielle dans le problème de la délimitation.



Baie du Mont Saint-Michel (50)

Planche C

Côtes basses en sédimentation

Fonds de baie, lagunes côtières, estuaires



Baie de Beaussais
Polder de Ploubalay (22)

Estuaire de l'Arguenon (22)



I.3.3. Les côtes basses en sédimentation

A) Marais maritimes et lagunes côtières

Les marais maritimes sont des étendues littorales basses et très faiblement inclinées, périodiquement submergées, composées d'accumulations récentes de sédiments fins péloïtiques. Ils se localisent dans les secteurs les plus abrités des houles, et se développent lorsque la charge fine en suspension est importante et peut se déposer sur des pentes très faibles, notamment à marée descendante ou lors de l'étalement de pleine mer.

"Le terme lagune recouvre une étendue d'eau saumâtre, mal séparée de la mer par un cordon littoral au travers duquel il existe des échanges d'eau, soit par percolation à travers le cordon, soit par l'intermédiaire d'une brèche" (PINOT, 1998).

"Le terme d'étang indique une eau stagnante généralement douce, coupée de la mer par un cordon littoral continu à travers lequel les percolations d'eau de mer sont modestes" (PINOT, 1998).

Les marais maritimes se développent à la fois dans les fonds de baie et les échancrures du rivage, abritées des houles, en arrière des flèches sableuses dans les lagunes côtières et encore dans les estuaires, par colmatage latéral.

Deux zones sont classiquement distinguées dans les marais maritimes : la *slikke* (encore dénommée localement *tidal flats*, *wadden* (au sens strict), *tanguaie*, *vasière* ou *crassat* selon les régions), et le *schorre* (*salt marshes*, *herbus*, *mollières*, ou *pré salé*).

VERGER, en 1968, évoquait un bilan sédimentaire globalement positif dans les marais maritimes de la zone tempérée, alors que GUILCHER concluait en 1979 au moins à une stabilité.

Signalons que les marais maritimes tempérés sont rarement observables dans leur intégralité à l'état naturel, dans le sens où ils ont fréquemment été limités, côté terre, par une digue ou un talus à des fins de poldérisation.

La slikke

L'espace intertidal inférieur (*slikke*) se présente comme une vasière molle et dépourvue de végétation, constituée de sédiments fins (vase, tanguie, sable vaseux) fortement imprégnés d'eau, sans évolution pédologique. Sa pente est très faible.

Cette zone est inondée à chaque marée haute, même lors des mortes-eaux, et connaît donc un colmatage progressif.

Les taux de sédimentation sont variables dans le temps et dans l'espace (PASKOFF, 1993), allant de quelques millimètres à quelques centimètres par an.

La slikke est parcourue par un réseau de chenaux de tailles diverses, mobiles et peu encaissés, souvent anastomosés ou dendritiques plus ou moins denses, parfois accompagnés de petites levées latérales. Certains sont empruntés de préférence par le flot, d'autres par le jusant.

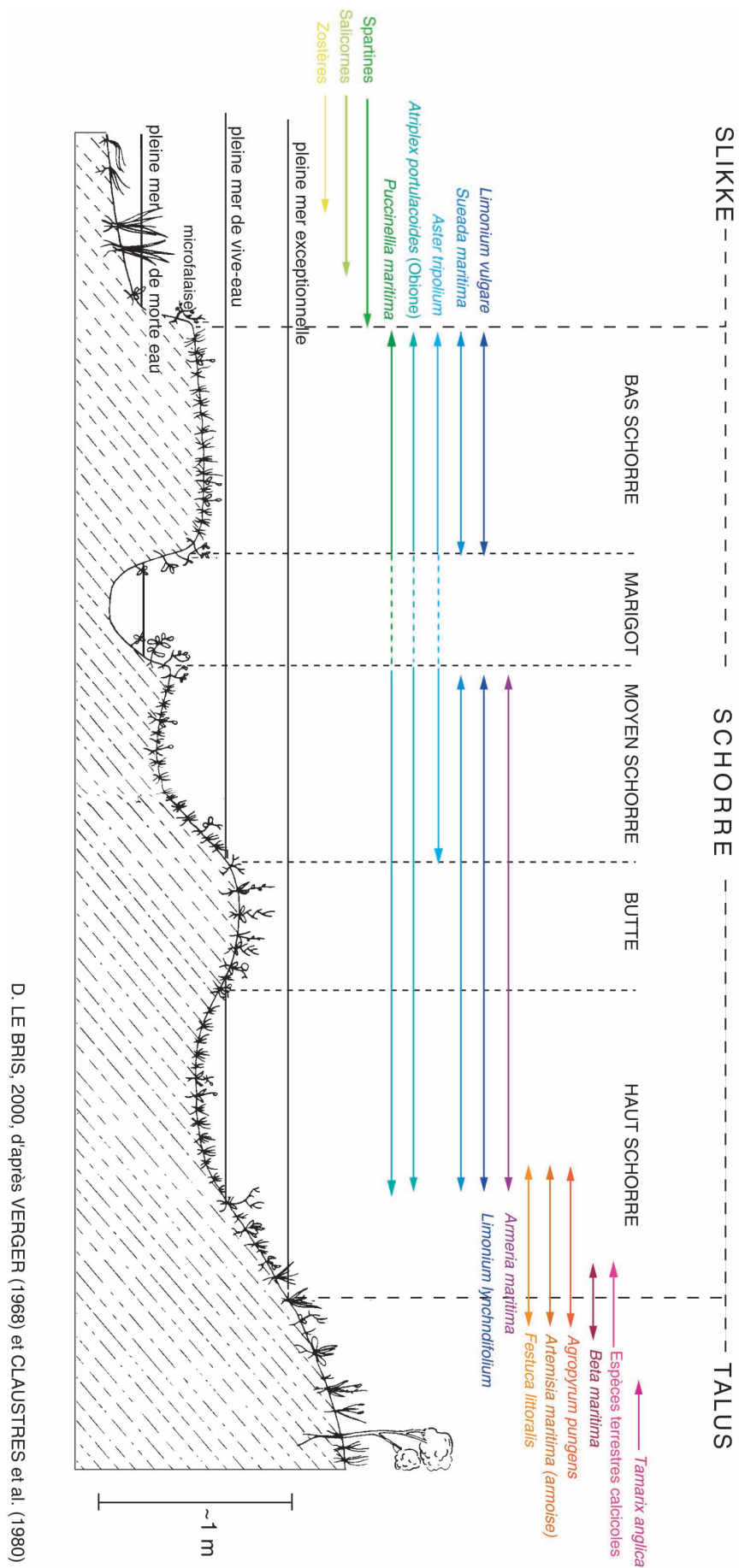


Fig. 17 : Zonation théorique des espèces végétales sur les schorres

La limite slikke/schorre

Entre la slikke, inondée à chaque marée haute même de morte eau, et le schorre, atteint par les pleines mers de vive-eau moyennes à exceptionnelles, la limite est plus ou moins nette et peut être soulignée par une microfalaise de hauteur décimétrique à métrique.

Lorsque cette rupture de pente n'existe pas, la limite slikke/schorre correspond à une progradation du schorre sur la haute slikke ou à l'absence d'un facteur d'érosion comme la divagation d'un chenal majeur d'estran. Cette haute slikke, de pente toujours faible mais variable, s'étend jusqu'au niveau des pleines mers les plus fréquentes (Hautes mers moyennes, MHW Mean High Water des anglo-saxons). Les sédiments s'accumulent sur la bordure du schorre qui s'exhausse et qui est colonisée par la végétation halophile, en formant une frange en surélévation par rapport aux parties plus internes du schorre.

Le schorre

Le schorre, qui occupe la partie supérieure du domaine intertidal, s'étend de la slikke jusqu'au sommet de la zone inondable par les marées de vives-eaux. D'un point de vue hydrographique, le schorre s'inscrit toujours dans la zone inondée par les eaux marines ou fluvio-marines, dans le cas des estuaires (VERGER, 1968).

Les schorres sont caractérisés par la présence d'une végétation halophile basse et dense, qui s'étend, en dehors des chenaux et des petites mares, sur de vastes surfaces planes ou subhorizontales dans les fonds de baie et les lagunes côtières ainsi que sur les berges des estuaires (CLAUSTRES, 1980).

La pente du schorre est très faible, soit conforme inclinée vers la mer, soit en pente contraire, en raison de l'accrétion plus importante sur sa bordure externe.

Les chenaux de marée qui entaillent profondément le schorre, dessinent des méandres et présentent des levées de rives hautes de quelques décimètres. Dans la partie supérieure du schorre, la densité des chenaux diminue, car ils sont colmatés à mesure que la sédimentation progresse. Le réseau de chenaux laisse peu à peu sa place à de petites dépressions isolées ou en groupes, de taille métrique et de profondeur décimétrique, aux parois verticales, de forme plus ou moins régulière.

L'eau salée s'y concentre, limitant la colonisation par la végétation.

Il est ainsi théoriquement possible de définir plusieurs niveaux dans le schorre, correspondant à divers gradients de submersion :

- le bas et moyen schorre régulièrement immergé, caractérisé par un réseau de chenaux très dense,
- le haut schorre immergé lors des pleines mers de vive-eau (présence de mares, de végétation supportant une submersion moins fréquente),
- les «prés salés», qui correspondent à la partie la plus haute du schorre «qui n'est plus inondée qu'exceptionnellement par les marées de grande vive-eau et où les dépôts connaissent un début d'évolution pédologique» (VERGER, 1968).

- le schorre ancien, fréquemment poldérisé, qui n'est plus atteint par la mer

En pratique, cette zonation est difficile à observer d'un point de vue purement morphologique, car la pente générale est très faible, et la couverture végétale abondante et variable d'une saison à l'autre.

Cependant, l'analyse de la répartition des espèces végétales permet d'établir une zonation du schorre, qui correspond à différents niveaux de submersion et donc à un étagement topographique. La reconnaissance des niveaux atteints par la marée dans les zones basses des marais maritimes et des lagunes côtières doit donc être abordée par le biais de la répartition des formations végétales représentatives des conditions de salinité et des niveaux de submersion (cf. ci-dessous : Organisation de la végétation littorale des côtes basses en sédimentation).

B) Estuaires et deltas

Les différents types d'embouchures correspondent à des stades plus ou moins avancés du remblaiement du cours inférieur des fleuves.

Le stade initial de l'embouchure est une vallée submergée, du type ria ou fjord, ou un rentrant de la côte en eau profonde.

Le fleuve commence l'édification d'une plaine alluviale et d'un delta sous-marin. Au fur et à mesure du colmatage de la plaine alluviale, des méandres se forment et des marais maritimes s'y développent latéralement sur de grandes étendues de sable ou de vase qui découvrent à marée basse.

Si la dérive littorale transporte le sable à l'embouchure ou remodèle en cordon les apports du fleuve, l'estuaire se transforme en une lagune derrière le cordon et les eaux sortiront par une ou plusieurs passes.

Si le remblaiement se poursuit, la lagune tend également à se combler. S'il ne se forme pas de cordon, en revanche, les sédiments arrivant à la mer encombreront le lit qui se divisera en plusieurs bras, formant un delta qui prograde vers la mer.

On considère généralement que les deltas sont liés aux mers sans marée ou du moins de faible amplitude, l'influence du fleuve prédominant sur le milieu marin. Ceci n'est pas entièrement vrai puisqu'il existe aussi des deltas dans les mers à forte marée, même si les courants sont un obstacle à l'accumulation des sédiments. Les apports sédimentaires des fleuves jouent un rôle primordial dans l'édification des deltas qui représentent une progradation du domaine continental sur le domaine maritime. Inversement, dans les estuaires, souvent associés aux mers à marée, c'est l'influence marine qui pénètre à l'intérieur des terres dans le cours aval des systèmes fluviaux.

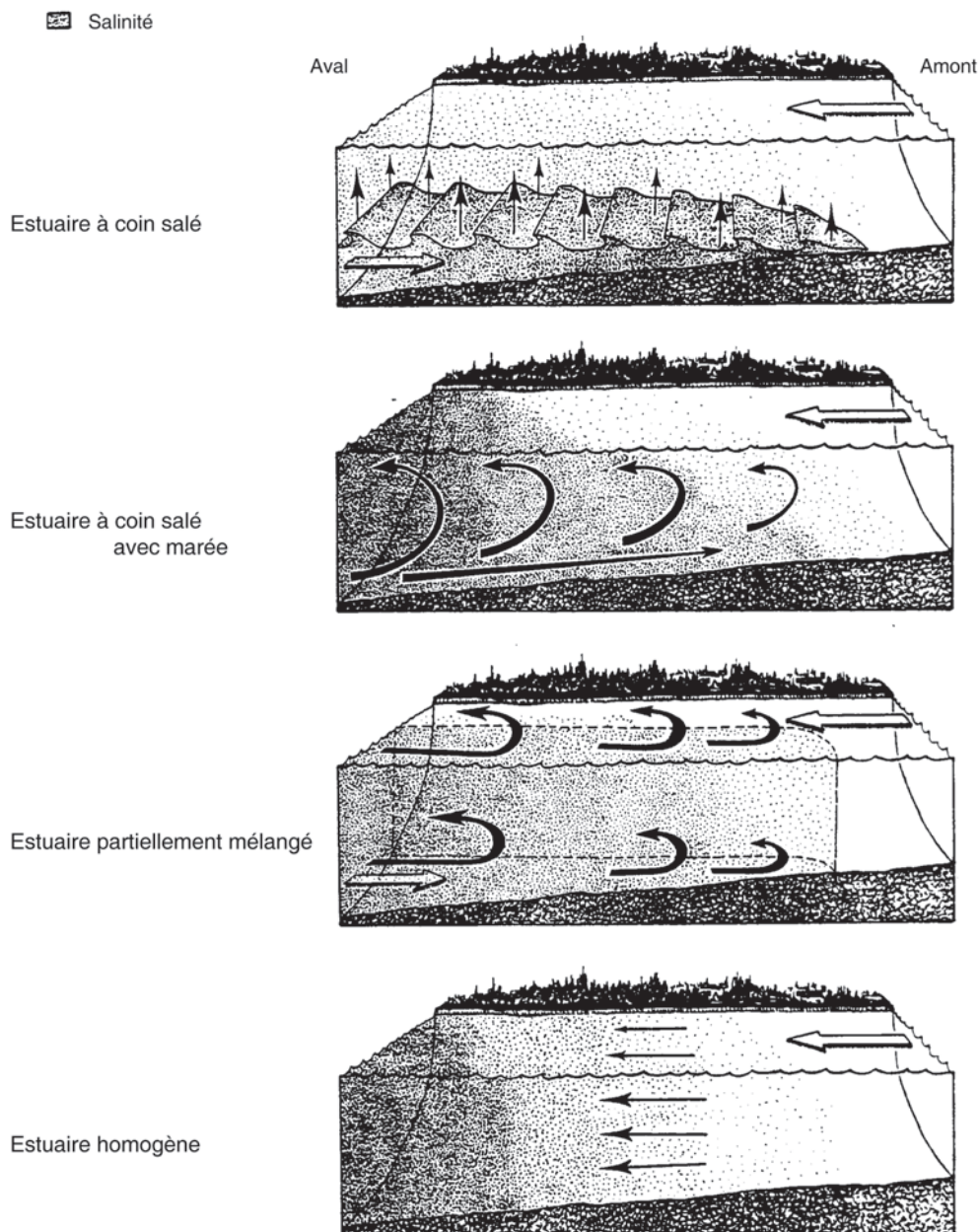


Fig. 18 : Schéma de la circulation estuarienne (d'après PRITCHARD, 1955).

Les rias et estuaires sont donc une zone de mélange entre les eaux douces s'écoulant vers l'aval et les eaux salées remontant vers l'amont. Pour PRITCHARD (1955), un estuaire est «un plan d'eau côtier, partiellement confiné, qui a une connexion libre avec la mer ouverte et dans laquelle l'eau de mer est diluée d'une façon mesurable par l'eau douce dérivée de ruissellements terrestres». PRITCHARD (1955) a proposé une classification de la circulation estuarienne (Fig. 18), où il distingue les estuaires à coin salés (avec ou sans marée) et les estuaires mélangés à homogènes.

En réalité, cette classification est plus complexe car tous les stades intermédiaires se rencontrent suivant le rapport qui existe entre les apports d'eau douce et le prisme d'eau salée introduit par la marée.

Les sédiments estuariens proviennent de trois sources : les apports marins de la plate-forme continentale, les apports fluviaux en provenance du bassin-versant, et les berges mêmes de l'estuaire.

Les apports fluviaux et marins sont transportés et déposés différemment par les processus estuariens. Il est possible d'identifier l'origine des apports après leur dépôt, et donc apprécier la part relative des deux sources d'apports, notamment lorsque ces matériaux tendent à créer des formes différentes et spécifiques.

Seuls les éléments les plus fins sont ubiquistes (PINOT, 1998).

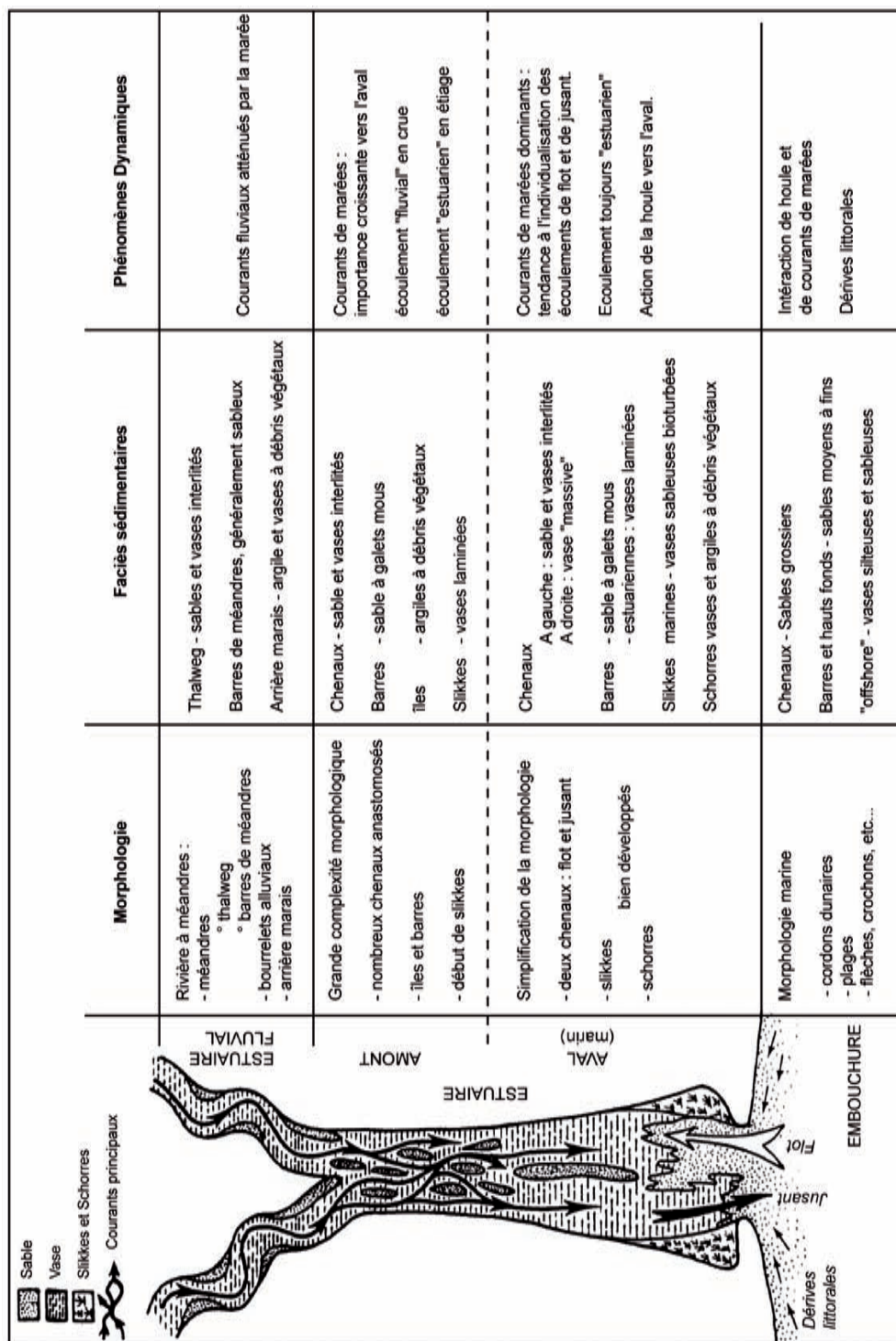
Les apports marins sont plus sableux, souvent riches en débris calcaires biogènes, et cheminent essentiellement sur le fond du chenal vers l'amont, par roulement et saltation, n'atteignant les berges qu'à la faveur des remaniements liés aux fortes crues (construction de levées naturelles). On les observe à basse mer, et c'est vers l'aval que les accumulations sableuses marines sont les plus représentées, remaniées quotidiennement par les courants de marée. Ces sédiments sont enrichis, selon des cadences irrégulières, par de nouveaux apports du large.

Les apports de sédiments fluviaux, au contraire, ont presque partout connu des transformations importantes au cours du XX^{ème} siècle (réduction ou augmentation de la granulométrie et du volume des apports sédimentaires, liées aux changements de l'usage du sol dans les bassins-versants : défrichements, remembrement, ou au contraire construction de barrages et réduction des débits de crue).

La sédimentation estuarienne se fait au niveau du bouchon vaseux dans le fond des chenaux, mais aussi sur les parties hautes des berges par décantation des particules fines. La décantation a lieu essentiellement durant les étales de pleine mer, vers l'amont en période d'étiage, vers l'aval lors des crues.

L'accrétion se produit également lors de la vidange (au jusant) : les sédiments sont déposés sur les bords des estuaires, mais pourront être remobilisés au flot, si la hauteur d'eau le permet (GUILCHER, 1954).

L'étude des estuaires ne peut donc se limiter aux processus à l'œuvre à l'intérieur même de l'estuaire. Il est nécessaire de prendre en compte les spécificités du fleuve (étendue du bassin-versant, débit et régime du cours d'eau, perturbations en amont), mais aussi celles de la mer dans laquelle le fleuve se jette (houles, marées, pente et nature des sédiments de l'avant-côte). Les relations entre la morphologie, la dynamique et les faciès sédimentaires d'un estuaire s'inscrivent dans un système très large, allant de la partie amont du cours d'eau jusqu'au bord de la plate-forme continentale (Fig. 19) (ALLEN et KLINGEBIEL, 1974).



	Morphologie	Faciès sédimentaires	Phénomènes Dynamiques
FLUVIAL	Rivière à méandres : - méandres ° thalweg - barres de méandres - bourrelets alluviaux - arrière marais	Thalweg - sables et vases intertidés Barres de méandres, généralement sableux Arrière marais - argile et vases à débris végétaux	Courants fluviaux atténués par la marée
ESTUAIRE	Grande complexité morphologique - nombreux chenaux anastomosés - îles et barres - début de slikkes	Chenaux - sable et vases intertidés Barres - sable à galets mous Îles - argiles à débris végétaux Slikkes - vases laminées	Courants de marées : importance croissante vers l'aval écoulement "fluvial" en crue écoulement "estuarien" en étiage
EMBouchure	Simplification de la morphologie - deux chenaux : flot et jusan - slikkes bien développés - schorres	Chenaux A gauche : sable et vases intertidés A droite : vase "massive" Barres - sable à galets mous - estuariennes : vases laminées Slikkes marines - vases sableuses bioturbées Schorres vases et argiles à débris végétaux	Courants de marées dominants : tendance à l'individualisation des écoulements de flot et de jusan. Écoulement toujours "estuarien" Action de la houle vers l'aval.
	Morphologie marine - cordons dunaires - plages - flèches, crochons, etc...	Chenaux - Sables grossiers Barres et hauts fonds - sables moyens à fins "offshore" - vases silteuses et sableuses	Interaction de houle et de courants de marées Dérives littorales

Fig. 19 : Morphologie, dynamique et faciès sédimentaires dans les systèmes estuariens (ALLEN et KLINGEBIEL, 1974)

On évoque fréquemment les notions de marée de salinité et de marée dynamique, mais leur limite n'est pas obligatoirement adaptée pour délimiter le domaine public maritime : ces deux marées remontent en effet parfois très loin dans les terres, et leur action s'atténue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure.

Il convient donc de préciser et de justifier d'autres critères possibles de délimitation, pouvant être eux même liés aux marées de salinité et dynamique, tout en tenant compte de l'évolution de ces milieux.

Le chenal (généralement unique à l'amont) est la forme essentielle de l'estuaire. Il prend la suite du lit mineur à l'amont, et part du calibre de ce lit : de ce point de vue, l'estuaire commence là où l'influence de la marée devient assez grande pour que la section du chenal commence à augmenter (PINOT, 1998).

Les méandres à l'amont des estuaires tendent à être sinusoïdaux, contrairement aux méandres fluviaux.

A l'aval, le chenal tend à se dédoubler : les eaux entrent au flot le long de la rive gauche (dans l'hémisphère nord), et le chenal de flot progresse selon sa propre dynamique, oscillant d'une rive à l'autre, jusqu'à être capté par le chenal de jusant issu du chenal unique de l'amont.

La rencontre des systèmes fluvial et marin (qui correspond au point de captage du chenal de flot à méandres par le chenal de jusant) est dicté par "le hasard des coïncidences entre les deux systèmes" (PINOT, 1998). La disposition des chenaux de marée, et donc du point de captage, varie sans cesse, selon l'importance relative des deux masses d'eau.

A l'amont de l'estuaire, le chenal est bordé de levées constituées de sédiments assez grossiers apportés par les fleuves lors des fortes crues, tandis que sur la plaine inondable se décantent les matériaux fins. Ces levées sont très comparables à celles bordant le fleuve lui-même.

Vers l'aval, l'importance relative du fleuve diminue, les levées deviennent plus hétérogènes, mêlées de vase, moins élevées et moins larges. Près du débouché, elles ne dominent même plus les aires marécageuses qu'elles séparent du chenal.

Les formes liées à la sédimentation sont de deux ordres : d'une part, sur les bords des estuaires, on observe des marais dus au colmatage vaseux. Le développement de ces marais maritimes en partie colonisés par la végétation halophile est une des caractéristiques des estuaires, même s'il ne s'agit pas de formes exclusivement estuariennes, comme nous l'avons vu.

D'autre part, les fleuves au régime contrasté (cas de la Loire) présentent des îles submersibles lors des fortes crues.

En milieu fluvial, où le courant porte toujours vers l'aval, les îles sont dissymétriques, effilées vers l'aval et arrondies vers l'amont.

Dans l'estuaire, elles sont longées par des courants alternatifs et tendent à s'effiler aux deux extrémités, le côté amont étant d'autant plus effilé que l'île est proche de l'entrée de l'estuaire (prédominance du flot).

Ces îles sont constituées essentiellement de sable, d'origine fluviale à l'amont et marine à l'aval, avec une fraction vaseuse plus ou moins importante selon les lieux.

L'évolution des estuaires tend vers le colmatage progressif des zones exondables.

A l'amont, l'estuaire prend peu à peu des caractères de vallée fluviale, le chenal se réduit, les levées latérales prennent de l'ampleur à chaque forte crue, les prairies inondables sont exhausées par alluvionnement. On passe

donc du remblaiement latéral et marginal de l'estuaire à un remblaiement quasi généralisé de part et d'autre du chenal.

A l'aval, la réduction du volume d'eau oscillant permet à des bancs sableux de s'aligner en travers de l'estuaire. Cet étranglement se produit lorsqu'il y a abondance de matériaux grossiers apportés soit par le fleuve, soit par la dérive littorale.

Estuaires et marais maritimes sont fréquemment étudiés simultanément, tant leurs caractéristiques sont proches, tant du point de vue sédimentologique que botanique (Fig. 20).

En effet, les estuaires sont presque toujours bordés par des marais maritimes nés du colmatage latéral. On y retrouve le développement de schorres semblables à ceux rencontrés en fond de baie, colonisés par une végétation adaptée au milieu salé, et de plus en plus terrestre à mesure que l'on s'éloigne du chenal.

Cependant, les espèces d'eau saumâtre et d'eau douce peuvent s'y développer plus largement, et deviennent de plus en plus fréquentes vers l'amont, jusqu'à devenir dominantes.

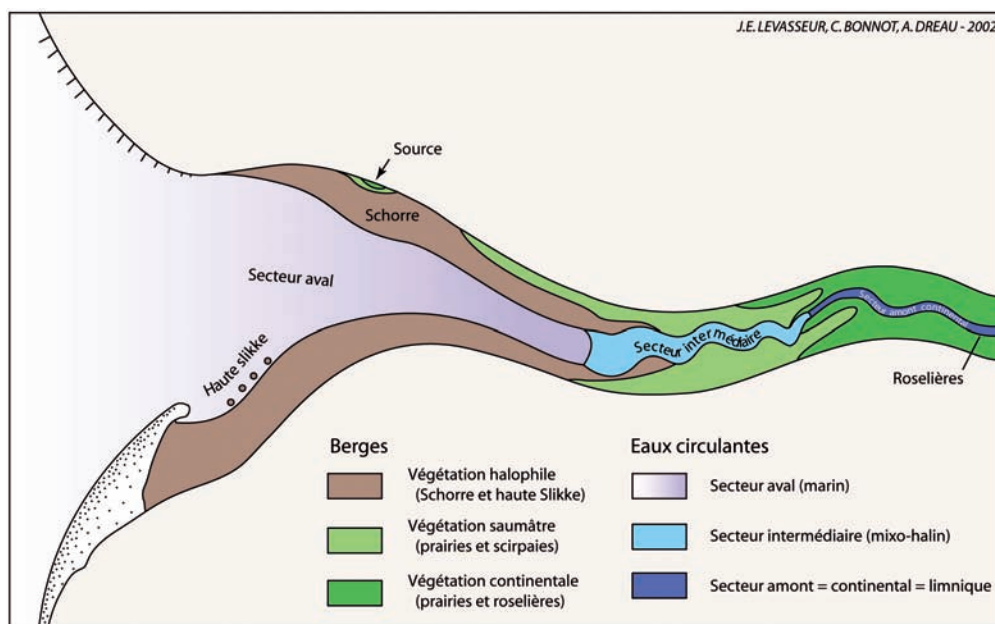


Fig . 20 : Plan schématique des différents secteurs estuariens

On observe ainsi une zonation selon deux directions : une zonation latérale, allant du chenal jusqu'aux berges ou aux plaines d'inondation, et une autre, longitudinale, depuis l'amont (espèces d'eau douce) jusqu'à l'embouchure (espèces halophiles).

On retrouve un gradient granulométrique similaire, avec un passage des sédiments grossiers aux sédiments fins à la fois transversalement depuis le chenal jusqu'aux parties hautes des berges et longitudinalement d'aval en amont.

Ces répartitions des espèces végétales et de la granulométrie peuvent théoriquement permettre de définir une limite transversale et longitudinale du

domaine maritime, lorsque les caractères franchement marins de la végétation et des sédiments tendent à disparaître.

La morphologie complexe et variable des estuaires traduit la tendance inéluctable au remblaiement, modulée dans le temps par les variations du niveau marin, les fluctuations climatiques, les changements de débit et de régime du fleuve.

La rencontre entre les deux milieux eaux douces/eaux salées est une zone turbide oscillant entre l'amont et l'aval en fonction du rapport entre le débit fluvial et le volume oscillant de la marée.

Dans certains cas, si le bassin versant du fleuve ne traverse pas de formations géologiques calcaires, les caractéristiques des sédiments comme par exemple une teneur élevée en calcaire, d'origine biogène marine, permettent de marquer la limite amont des influences marines.

A priori, les indicateurs morphologiques, sédimentologiques et botaniques doivent être utilisés simultanément pour pouvoir reconnaître les limites des plus hautes eaux le long des berges des estuaires.



Enrochements à Criel-sur-Mer (76)

Planche D Côtes aménagées

Perré à Saint-Malo (35)



Epis à Mers-les-Bains (80)



Port de Saint Quay Portrieux (22)

Cliché André HUMBERT



Endiguements - Polders
Baie du Mont Saint Michel (35)



Brise-lames et épis à Carnon (34)

Cliché in Catalogue sédimentologique des côtes françaises, LCHF/SOGREAH (1984)

I.3.4. Les littoraux aménagés

Les rivages artificiels représentent 13% du littoral français qui se répartissent en remblais (7%), digues, quais et perrés (6%) et zone portuaire (87%) (CORINE, 1998). Les tendances d'évolution du littoral français se partagent entre la stabilité pour près de la moitié des rivages (46%), l'érosion pour près du quart (22%) et la sédimentation pour seulement 10% des côtes. Près de la moitié (48%) des plages sont en érosion, contre 11% pour les côtes rocheuses (caractérisées par leur stabilité, 73%) et seulement 4% d'érosion pour les rivages limono-vaseux qui sont en sédimentation pour 63% d'entre eux (cf. Tableau précédent).

Les littoraux aménagés représentent donc une fraction importante du littoral et peuvent être regroupés en trois types :

- les aménagements de défense contre la mer et donc de lutte contre l'érosion côtière ;
- les endiguements des zones basses liés à une conquête de terres sur la mer ;
- et enfin les installations portuaires.

Ces aménagements dits «durs» ont cependant un impact hydro-sédimentaire sur le milieu littoral. Cet impact peut venir perturber le fonctionnement naturel des phénomènes physiques naturels et entraîner des effets indésirables, pouvant parfois notamment accentuer l'érosion en d'autres points proches du littoral.

A) Les défenses contre la mer

Le volume, publié en avril 1998, du Service Technique Central des Ports Maritimes et Voies Navigables (STCPMVN) sur la "Conception et la réalisation des aménagements de défense du littoral contre l'action de la mer" rassemble de façon très détaillée et tout-à-fait complète les principaux types d'ouvrages et/ou techniques de défense des côtes. Il n'entre pas dans le cadre de ce travail de faire une étude de ces aménagements qui masquent les caractéristiques naturelles du milieu.

Une intervention sur le littoral entraîne généralement une modification du trait de côte du fait de l'impact hydro-sédimentaire sur le milieu. Dans le cas d'ouvrages longitudinaux de haut de plage, le trait de côte est alors fixé et figé dans une position déterminée.

Souvent, la plage tend à démaigrir en avant de ces défenses "dures", qu'elles soient lisses ou en enrochements, et les hautes mers atteindront alors régulièrement les ouvrages.

L'implantation d'ouvrages transversaux modifie la morphologie même du trait de côte puisque les épis ont pour rôle de bloquer une partie du transit littoral. Des cellules sédimentaires se créent entre chaque épis et leur morphologie et leur dynamique vont être différentes de celles de l'état antérieur à la construction des batteries d'épis.

De même, les brise-lames sont utilisés pour favoriser les accumulations sédimentaires en arrière d'eux et génèrent une nouvelle morphologie du littoral parfaitement exprimée par la formation de tombolos.

Une étude complète des différentes options de réponses aux problématiques de recul du trait de côte et de leur impact est toujours nécessaire. Du fait des modifications non négligeables entraînées sur le milieu par ces techniques dites « dures », ce type de technique n'est souvent pas préconisé au profit des méthodes dites « douces », qui s'insèrent dans le fonctionnement du littoral et respectent les processus hydro-sédimentaires, ou au profit de la relocalisation des personnes et des biens.

Ces littoraux aménagés, dont la morphologie du trait de côte est largement modifiée par rapport à l'état naturel ne seront envisagés que si une particularité morpho-sédimentaire ou botanique marqueur du niveau atteint par les plus hautes eaux est reconnaissable sur ces structures.

D'une façon générale, les défenses "dures" que constituent les ouvrages longitudinaux de haut de plage, qu'il s'agisse de perrés maçonnés ou en enrochements, vont avoir des analogies avec les littoraux constitués de falaises de roches dures. Ils sont par ailleurs parfaitement bien cotés en altitude ce qui permet de leur appliquer la méthode de l'analyse statistique des niveaux de la mer du SHOM, afin de déterminer la hauteur d'eau atteinte par la mer avec une période de retour donnée (SIMON, 1994, 1996).

A priori, les indices morphologiques comme les ruptures de pente ou des encoches n'existent plus sur ces littoraux artificialisés puisque la pente des talus et la nature des matériaux sont fixées au moment de la construction de l'ouvrage.

Cependant, une couverture d'algues ou de lichens s'installe aussi bien sur des substrats rocheux naturels que sur des enrochements et ce type d'indicateurs pourra être utilisé pour déterminer le niveau atteint par les plus hautes eaux, au même titre que s'il s'agissait d'une falaise naturelle de roches dures.

Entre des batteries d'épis, ou sur les plages reconstituées en arrière de brise-lames, ou encore sur les plages artificielles, constituées ou reconstituées par rechargement de plage suite à un démaigrissement en avant d'une défense dure, les littoraux peuvent être assimilés à leurs équivalents naturels, non aménagés.

Ainsi, il est possible de retrouver des indicateurs du niveau des hautes mers dans les gradins qui marquent la partie sommitale des cordons de galets ou dans le type de végétation qui les colonise.

De même, la présence d'un bourrelet de haute plage sur une plage artificielle est un indicateur de niveau équivalent à celui que l'on rencontre sur une plage non aménagée.

Les techniques "douces" d'aménagement s'opposent aux défenses dures en ce sens qu'elles ne figent pas le trait de côte en une position donnée mais laissent au contraire à la frange littorale la possibilité d'évoluer. Ces aménagements "souples" visent à reconstituer une protection naturelle du littoral, par la protection des massifs dunaires, les rechargements de plage ou encore des procédés enfouis dans la plage (comme les systèmes de drainage). Ces techniques ne changent pas radicalement le caractère naturel du littoral et les indicateurs du niveau des pleines mers peuvent être recherchés comme sur un haut de plage non aménagée, au contact ou non avec sa dune bordière.

L'utilisation de critères morpho-sédimentaires et botaniques pour la délimitation du Domaine Public Maritime reste cependant délicate sur les littoraux aménagés, en particulier en cas de reprofilages de dunes par exemple, ou si des nivellements sont effectués régulièrement pour l'entretien des plages. Dans ces cas, la permanence des marqueurs est remise en cause ainsi que la morphologie de la plage qui n'est plus en équilibre avec les agents dynamiques naturels et qui perd donc sa signification en terme de niveau normalement atteint par la mer.

Par ailleurs, si le littoral est atteint par des marées noires du type de l'Erika, les traces de pétrole peuvent éventuellement servir de marqueurs ponctuels du niveau maximum atteint par les plus hautes eaux de la période hivernale, aussi bien sur les falaises rocheuses que sur les digues et hauts de plage. Cependant, le nettoyage des zones rocheuses et l'enlèvement d'un mélange de sable et de pétrole sur de larges secteurs côtiers sont susceptibles de transformer la répartition des espèces végétales et modifier le profil des plages.

B) Les endiguements des zones basses

Contrairement aux ouvrages de défense contre la mer, les endiguements des zones basses du littoral sont liés à une conquête des terres sur la mer afin de créer des polders ou des salines.

Les digues sont généralement très anciennes, souvent formées de vase ou de sables vaseux prélevés à proximité dans les schorres ou sur la haute slikke des fonds de baie. Le statut de ces zones basses endiguées et soustraites aux actions marines est particulier, car ces secteurs sont généralement d'anciens marais maritimes qui ont été progressivement remblayés.

La gestion de l'eau douce et/ou salée dans ces marais, comme dans les salines, dépend directement de l'utilisation du milieu par l'homme. La délimitation du DPM dans ces vastes étendues planes de marais est complexe, car ces zones constituent en quelque sorte des lais et relais très anciens, les digues bordières pouvant être installées sur des cordons littoraux naturels fossiles.

Cependant, il est possible de rattacher ce type de rivages artificialisé aux marais maritimes actuellement en communication avec la mer et de rechercher des critères de délimitation comparables essentiellement d'ordre botanique.

C) Les aménagements portuaires

Les ports et les installations portuaires qui leurs sont associés font partie d'un littoral totalement artificialisé et ils débordent parfois très largement de la ligne de rivage vers la mer, formant une nette avancée par rapport au trait de côte naturel.

Il paraît donc peu utile de rechercher des critères naturalistes pour définir le niveau atteint par la marée sur des ouvrages qui sont parfaitement cotés en altitude et dans des sites qui sont souvent équipés de marégraphes.

La méthode statistique du SHOM (SIMON, 1996) de détermination des niveaux atteints par la mer peut être très efficacement utilisée dans le domaine public artificiel pour les aménagements portuaires.

I.4. Organisation générale de la végétation littorale

I.4.1. Les étages littoraux fondamentaux

A) Définitions

Le littoral, lieu d'intersection entre le domaine marin et le domaine terrestre, est par essence un milieu très complexe car il n'est pas homogène dans ses qualités, ni dans l'espace, ni dans le temps. Il s'agit, d'un point de vue environnemental et écologique, d'un écotone : terme introduit par CLEMENTS (1916), dont le sens a varié et s'est enrichi depuis sa création. Pour cet auteur, l'écotone était une sorte de tension où les espèces dominantes de communautés adjacentes atteignaient leurs limites.

La plus récente définition, celle de HOLLAND et RISSER (1991), s'exprime comme suit : un écotone est une zone de transition entre deux systèmes écologiques adjacents qui possèdent un ensemble de caractéristiques uniquement défini à partir d'échelles spatiale et temporelle explicites et par la force des interactions entre ces deux systèmes. Ce concept a l'avantage de pouvoir être utilisé aussi bien à moyenne qu'à grande échelle, selon la nature du processus dont il faut rendre compte.

La principale propriété d'un écotone est que, en tant que discontinuité, sa position et sa nature sont directement dépendantes du régime de perturbations qui a contribué à le définir ou bien de leurs absences. Dans le premier cas, la réorganisation de la végétation sera relativement permanente, dans le second, les transformations seront plus graduelles et plus liées aux dynamiques internes de la végétation elle-même. Les trajectoires évolutives seront même prévisibles.

Il est évident que les changements climatiques, au travers d'une de leurs manifestations (l'élévation du niveau de la mer par exemple), joueront pour modifier avec le temps, la position, la nature et la composition de cette interface (TURNER et al. 1991).

A une autre échelle de temps, le sommet de l'estran est soumis à des réajustements continus, localisés ou de faible amplitude, ou à de vives transformations générées par un seul événement accidentel (loupe de glissement d'une falaise, percée d'un cordon de galets, recul d'une dune, etc...). Le sommet du domaine littoral est ainsi en état d'instabilité potentielle permanent, qui implique, si tel est le but, de suivre régulièrement les déplacements de la ligne de rivage puisque, par définition, *chaque détermination est un instantané dans un devenir*.

L'écotone analysé ici est l'espace compris entre les niveaux des plus hautes et des plus basses mers, il s'agit du littoral maritime, ou estran, ou zone intertidale.

La première difficulté vient du fait que cet espace n'est pas homogène dans ses propriétés. Vers le bas, il est presque marin car inondé bi-quotidiennement par toutes les marées, quel qu'en soit le coefficient, alors que les niveaux supérieurs ne sont submergés que quelques heures par an.

L'environnement littoral se caractérise par un ensemble de gradients, dont le principal est un gradient de submersion (et son corollaire d'émersion) qui va directement affecter la vie des organismes capables de supporter ces conditions variables.

De très grandes différences dans les qualités et modes de vie de ces organismes vont s'observer puisque, côté mer, des organismes marins vont tenter de s'immiscer, en dépit des émergences temporaires, dans cet espace de transition, et, de l'autre côté, des organismes terrestres vont tenter de s'accommoder d'inondations périodiques et, qui plus est, par de l'eau salée. Cependant, le niveau le plus critique se situera dans le tiers supérieur de l'estran, notamment dans le cas des mers à régime macro- ou mésotidal. Le cas de la Méditerranée doit être considéré séparément car, lorsqu'un «littoral» est marqué dans ces mers à très faible marée, son origine et sa dynamique font appel, pour l'essentiel, à des facteurs autres que marégraphiques.

En fonction de leur position sur l'estran, de la nature du substrat et de son exposition, diverses communautés animales ou végétales typiques pourront se développer, les populations qui les constituent s'ordonnant dans cet espace en fonction de leur degré de tolérance, soit à la dessiccation pour les organismes marins (algues, animaux), soit à la submersion (plantes terrestres).

Le fait fondamental est celui d'un étagement des peuplements biologiques, qui ne s'observera pas le long de certains types de côtes où les possibilités d'ancrage n'existent pas. Cet étagement se matérialise par l'existence de ceintures, d'horizons, en principe parallèles au rivage, souvent reconnaissables du fait de la dominance d'un ou de plusieurs espèces dites caractéristiques, une seule et même espèce ne pouvant occuper l'ensemble de l'estran.

Sur les côtes rocheuses, par exemple, on distinguera de bas en haut du littoral, des ceintures d'algues, puis des ceintures de lichens vers la limite supérieure de hautes mers, alors que, le long des côtes vaseuses, des plantes supérieures coloniseront la partie supérieure de la zone intertidale, pour former le schorre, dans lequel les espèces végétales se disposent également de manière étagée.

Bien qu'il s'agisse d'un anglicisme, on parle plus généralement de **zonation**, réponse biologique en quelque sorte «adaptative» aux régimes d'inondation qui affectent différemment les niveaux topographiques de l'estran. Les communautés ou peuplements, sont constituées d'organismes à tolérance ou sensibilité voisines pour les différentes espèces qui les composent.

Dans tous les cas, la richesse spécifique, c'est-à-dire le nombre d'espèces différentes en un lieu, décroît rapidement lorsque le milieu devient de plus en plus hostile ou impraticable pour la catégorie de vivants concernés (cas d'un substrat dur pour une plante supérieure qui doit développer sa rhizosphère, cf. *infra*).

Enfin, il faut retenir que, sur le littoral, aucune espèce n'est «interchangeable» en position et la présence de certaines espèces devient alors très significative vis-à-vis des caractéristiques (substrat, régime de submersion) du segment d'habitat littoral où elles se développent. Cette observation vaut aussi pour d'autres catégories d'habitats littoraux tels les dunes par exemple.

Parmi les facteurs de contrainte pour les plantes qui caractérisent l'habitat dunaire au sens large, le degré d'instabilité du terrain (ensablement, érosion) va agir avec des intensités différentes dans l'espace, s'atténuant jusqu'à disparaître vers l'intérieur.

L'environnement est contrôlé par des gradients physiques et la réponse biologique se traduira, de manière analogue, par une disposition zonée

obligatoire des espèces dunaires entre elles. Les plus adaptées perdureront en front de dune tandis que les plus sensibles à l'ensevelissement, faute de dispositifs ad hoc de croissance sous cette contrainte, seront reléguées en arrière, au niveau de la dune fixée où le gradient n'agit plus. Il existera une zonation dunaire qui débutera au niveau des plus hautes mers, dont les premiers éléments, peu nombreux, caractériseront assez bien les différentes facettes de l'habitat «dune mobile», accompagnant ainsi les premiers stades de la colonisation dunaire.

Ainsi, dans des environnements physiquement déterminés où le milieu physique impose un patron défini de répartition des organismes, on peut définir pour chaque type de côtes une zonation fondamentale qui a une valeur statistique, mais, en chaque point sur le terrain, la matérialisation de cette organisation générale peut présenter des modalités différentes, fonction des conditions stationnelles locales ou fonction des événements qui ont précédé le constat fait au temps t. Des élisions ou des inversions de ceintures biologiques peuvent se rencontrer. Elles reflètent à la fois les modifications morphologiques et/ou sédimentologiques de la côte, mais aussi le rythme des perturbations qui peuvent affecter un lieu donné.

Le constat d'un état est un instantané dans une histoire qui peut être complexe et qui laisse des traces que l'observateur doit tenter de «décoder».

Toute zonation, prise comme un tout, est une structure qui a une histoire ; elle s'est créée, défaite, reconstruite, essayant d'une manière permanente de suivre ou tout au moins de réagir aux conditions changeantes de l'habitat.

Une zonation est donc le résultat de ce que l'on nomme une succession végétale, c'est-à-dire l'ensemble des stades qui ont conduit à la situation présente. Les successions ne peuvent être menées à terme que lorsque les changements d'ordre physique, comme le contexte morpho-sédimentaire ou les régimes d'inondation, ne sont ni trop fréquents, ni trop intenses pour prévenir l'installation des plantes.

Une instabilité chronique mais prévisible comme la marée autorise in fine la relative permanence d'une organisation spatiale zonée des communautés végétales, elle-même prévisible.

En revanche, des événements aléatoires, donc imprévisibles, et intenses (effondrements, ruptures de cordons littoraux, marée noire...) peuvent entraîner un retard considérable dans la cicatrisation du couvert végétal, ou même hypothéquer la réinstallation de la végétation ou, tout au moins, diluer et reporter sa restauration.

Les modifications qui affectent les successions végétales jouent un rôle de déclencheur de *successions dites secondaires*, quand elles s'exercent sur un couvert végétal déjà en place (TANSLEY, 1935).

Par exemple, la colonisation d'un estran vaseux nu en avant d'un schorre relève d'un processus de *succession dite primaire* qui correspond à la prise de possession d'un espace qui, auparavant, était dépourvu de végétation. Les modifications qui interviennent ensuite dans les communautés végétales relèvent d'une succession secondaire.

Bien souvent, les deux processus s'enchaînent et de tels cycles ont été décrits dans les schorres de la baie du Mont Saint-Michel (BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2000).

La résultante de ces multiples avatars locaux conduit effectivement, à terme, à la mise en place d'une organisation zonée de la végétation, les communautés

individuelles qui s'étagent à certains niveaux de l'estran présentant chacune des limites (CHAPMAN, 1974 ; RANWELL, 1972 ; ADAM, 1990).

Classiquement, la limite inférieure est déterminée par la pression de l'environnement physique (notion de facteur limitant), alors que la limite supérieure est le résultat de phénomènes de compétition, jamais absents de cette histoire.

En réalité, les choses sont un peu plus complexes.

En effet, au travers de son amplitude verticale de présence, une espèce végétale montrera un optimum de performances dans un intervalle donné, mais, une autre espèce aura, de son côté, une amplitude de tolérance à un régime de submersion donné beaucoup plus restreinte et donc, a fortiori, l'amplitude de son optimum sera proportionnellement encore plus réduite.

Ainsi, les espèces pionnières de la haute slikke auront une aptitude à coloniser une plus large gamme de niveaux que les espèces du schorre supérieur.

Cependant, la présence sur le terrain de l'espèce à amplitude réduite aura une signification plus typique, en termes de facteurs qui régissent son occurrence, que la signification écologique de l'espèce à plus large distribution.

Ainsi, les espèces végétales à large spectre ont une valeur explicative évidemment moins élevée et moins précise que celles qui sont en quelque sorte spécialistes d'un niveau bien déterminé de l'estran.

La problématique de ce travail est de tenter de sélectionner des structures ou des espèces végétales qui rendent compte, par leur présence, de conditions particulières de l'environnement physique, en l'occurrence la frange où l'on quitte le domaine maritime pour pénétrer dans le domaine terrestre.

Le problème fondamental est que l'on sort, à ces niveaux, d'un environnement qui régissait assez strictement la répartition des espèces, puisqu'il s'agit d'une zone d'interface. Dans certains milieux marqués par l'absence de rives nettes où la transition est graduelle (par exemple dans les estuaires), l'effet du gradient de submersion se dilue progressivement puisque précisément, on sort de son espace de contrôle pour rentrer dans l'espace terrestre contigu qui, lui, répond à d'autres déterminants.

Les distances sub-horizontales sur lesquelles s'effectue le relais peuvent varier de plusieurs mètres à plusieurs dizaines, voire centaines, de mètres.

Plus complexe encore est la présence, à côté de plantes ou d'organismes résolument halophiles de haut estran, de certaines plantes, vraiment terrestres par leur statut écologique, mais qui sont partiellement halo-tolérantes.

Ces plantes ont la capacité de se développer et de se maintenir dans ces milieux d'interface, en compagnie des dernières halophytes.

D'autre part, un certain nombre d'espèces ont la possibilité de se maintenir assez longtemps (plusieurs années) dans un site, même si les conditions écologiques ayant présidé à leur installation pérenne ont changé.

La lecture et l'interprétation de cette zone de transition s'appuient d'abord sur les caractéristiques morpho-sédimentaires du lieu afin d'évaluer son degré de stabilité, mais aussi sur les proportions relatives des groupes écologiques du haut-schorre (*cf. infra*) et des groupes terrestres qui caractérisent effectivement le domaine non maritime voisin.

Plusieurs situations de base peuvent poser problème :

- *cas des côtes rocheuses* : faute de pouvoir s'enraciner, la végétation terrestre ne peut venir, en principe, au contact de ce qui tient lieu de végétation maritime de transition, représentée par des lichens encroûtants.
- *cas des côtes sableuses* : aucun végétal (algues, lichens) ne peut s'installer sur un estran sableux. La limite supérieure du domaine sous influence maritime sera à rechercher au niveau de la limite moyenne (?), mais mobile, de la végétation pionnière dunaire, et de ce fait, la reconnaissance ne pourra être qu'indirecte.
- *cas des estuaires* : la situation est encore plus complexe dans la mesure où s'exerce un double gradient, transversal et longitudinal, en chaque point de l'estuaire, notamment dans ses parties aval et médiane (BEEFTINK, 1965 ; WOLFF, 1973).

Le premier gradient transversal est classiquement un gradient d'inondation des berges du fleuve, et le second longitudinal varie en fonction de la circulation des masses d'eaux douce et salée (donc du rapport entre les débits fluviaux et le prisme de marée qui pénètre dans l'estuaire), de leur mélange et de leur stratification. Ce gradient longitudinal de salinité agit jusqu'à la limite interne de la marée de salinité et est relayé vers l'amont par un gradient transversal d'inondation particulier, au niveau où n'agit plus que la marée dynamique. Plus à l'amont encore, on pénètre dans le système fluvial qui sort du champ de cette étude.

Ainsi, une même espèce, par exemple pertinente pour reconnaître les dernières influences du flot dans le secteur aval d'un estuaire, ne pourra pas servir d'indicateur universel, utilisable aussi bien en aval qu'en amont de celui-ci, qui marquerait la limite effective des plus hautes eaux.

B) Subdivisions horizontales de l'estran

Ce sont les côtes à forte amplitude de marées qui ont, les premières attiré l'attention des algologues, qui ont étudié la répartition des algues d'un point de vue bionomique (SERNANDER, 1917) et proposé de nombreuses subdivisions de l'étage littoral à partir de la répartition horizontale des algues (et lichens) dominants. Les discordances d'appréciation portent sur l'étendue réelle de cet étage. Devait-on tenir compte des seuls niveaux marégraphiques locaux (KJELLMANN, 1877), ou introduire des niveaux caractéristiques de la marée (par exemple : niveau des hautes mers moyennes de vive-eau, niveau des basses mers moyennes, etc...) , dont le caractère plus général permet la plupart des comparaisons inter-régionales, quand le régime marégraphique n'est pas le même ?

Dans la plupart des cas, les auteurs s'accordaient sur les limites inférieures de l'estran dont le caractère marin est presque évident, compte-tenu des très faibles durées d'émersion offertes.

Par contre, le problème se posait pour reconnaître une limite supérieure à l'estran, en raison des nombreuses situations morphologiques et océanographiques qui magnifiaient localement l'impact de la marée, créant des phénomènes de surcotes (et/ou décotes) par rapport aux prédictions de hauteurs d'eau théoriques. La limite supérieure de l'influence marine est donc bien cette zone d'incertitude qui faisait et fait encore débat.

VAILLANT (1891) propose de distinguer une zone subterrestre, depuis le niveau des pleines mers maxima d'équinoxe jusqu'au niveau des pleines mers minima de vive-eau ; une zone littorale, de ce niveau à celui des basses mers minima de vive-eau, elle-même subdivisée en trois sous-zones, et enfin une *zone sublittorale*, de ce niveau à celui des basses mers minima d'équinoxe.

Les contributions ultérieures les plus significatives sont celles de PRUVOT (1894) qui, dans son mémoire sur les fonds et la faune de la Manche occidentale comparés à ceux du golfe du Lion, introduit l'idée que les facteurs physiques n'interviennent que secondairement dans la répartition des organismes.

La bionomie littorale doit d'abord être basée sur la répartition des communautés animales et végétales qui caractérisent des zones d'étendue et de hauteur variables selon les points considérés, quand bien même il existe une assez forte coïncidence entre les limites de ces zones et certains niveaux marégraphiques.

Par ailleurs, PRUVOT (1894) introduit la notion d'horizon à l'intérieur des zones, et de faciès (rocheux, sableux, vaseux) au sein d'un horizon. Il a permis d'affiner la description et la signification écologique des communautés en introduisant des facteurs substratiques ou d'exposition comme éléments d'explication de la répartition observée des espèces, alors que ses prédécesseurs expliquaient ces répartitions presque exclusivement à partir de critères bathymétriques ou cotidaux.

FLAHAUT (1901) décrit, dans ses grandes lignes, la végétation des côtes marines de Méditerranée, et introduit une classification (inspirée de celle de PRUVOT) en zones superposées qui distingue :

- la zone halophile littorale ;
- la zone sub-terrestre, au voisinage du niveau moyen de la mer ;
- la zone marine littorale divisée en :
 - horizon supérieur, découvert parfois sans interruption pendant plusieurs jours,
 - horizon inférieur, toujours immergé.

Il faut noter que la zone halophile littorale n'appartient pas à la flore marine proprement dite et comprend seulement la flore, surtout constituée de phanérogames et de lichens, des falaises et des dunes ainsi que celle des marais salants.

DECROCK (1914) propose de remplacer le terme de zone, trop ambivalent, par celui d'étage, repris par les phytogéographes et sous sa forme allemande (stufe) par DU RIETZ (1932).

Ce concept a ensuite été repris par PERES (1961) et PERES et PICARD (1961) en Méditerranée.

De BEAUCHAMP (1914) introduit la notion de modes (battu, semi-battu, abrité, etc...) dans son étude bionomique des grèves de Roscoff.

FELDMANN (1937), analysant la végétation marine méditerranéenne, particulièrement sur la côte des Albères, reprend une partie du système de PRUVOT (1894), et propose de distinguer, dans le «système littoral», cinq étages, dont deux intéressent cette étude :

- **un étage supralittoral**, qui comprend la partie du rivage habituellement exondée, mais plus ou moins mouillée par les vagues et les embruns lors des tempêtes. La flore résidente, halotolérante, ne supporte pas une immersion prolongée. La limite supérieure de cet étage est très variable. Dans d'autres régions où l'humidité atmosphérique est forte, elle se tient proportionnellement plus haut qu'en Méditerranée, quoique aux environs de Banyuls, on puisse fixer cette limite à environ 3m au-dessus du niveau moyen, si l'on utilise comme «bio-indicateur» la limite supérieure atteinte par un lichen saxicole du genre *Verrucaria*.

En règle générale, selon FELDMANN(1937), la limite supérieure de cet étage (hormis le cas de hautes falaises verticales dépourvues de végétation) peut être fixée à la limite inférieure des phanérogames halophiles. Sa *limite inférieure* est très nette dans les stations abritées de ces mers à très faibles marées. Elle coïncide presque avec le niveau moyen de la mer. Elle est évidemment moins précise que les côtes des mers à fortes marées ainsi que dans les stations battues de la Méditerranée, où le ressac permet à la végétation de s'élever au-dessus du niveau moyen. Cette limite est certes variable, mais, à Banyuls, on peut la fixer au niveau inférieur atteint par le lichen *Verrucaria symbalana* et au niveau supérieur des Chtamales (Crustacés cirripèdes) et de *Bangia* (Algues rouges).

- **un étage littoral** (ou *intercotidal*, actuellement dénommé étage *médiolittoral*) : la reconnaissance de ses limites est également délicate, en particulier sur les rivages des mers sans marée. Pour les côtes de la Manche, la limite inférieure de l'étage littoral est celle qui sépare la végétation algale à *Fucus serratus* des peuplements à grandes Laminaires, qui caractérisent le sommet de l'étage sublittoral (encore appelé étage *infralittoral*). En Méditerranée, comme en Baltique où cet étage «intercotidal» est très étroit, beaucoup d'auteurs attribuent au littoral des stations toujours immergées. SERNANDER (1917) a bien caractérisé l'étage littoral comme situé en dessous du niveau moyen des hautes mers et laissé régulièrement découvert pendant les basses mers, ou, dans les mers sans marée, par le ressac dû aux vagues, aux tempêtes et aux courants. Néanmoins, il faut considérer comme appartenant à l'étage littoral, les régions situées au-dessus du niveau des hautes mers, mais qui restent constamment humides.

Le concept de *ligne physiologique des hautes mers*, introduit par KYLIN (1918) et repris sous le nom de *litus line* par SJÖSTEDT (1928) constitue un apport intéressant. Selon ce dernier auteur, le terme de *litus line* désigne la ligne écologique, frontière entre la mer et la terre, contrôlée par la co-action de plusieurs facteurs comme les mouvements de la marée, l'action des vagues et l'insolation.

Plus récemment, RUSSEL (1973) a montré que, sur les côtes rocheuses anglaises, il existe une réelle discontinuité dans la végétation à ce niveau et qu'ainsi, cette *litus line* a une réalité objective. Sur substrat rocheux, cette ligne coïnciderait avec la limite inférieure du groupement lichénique à *Verrucaria maura*.

Finalement, FELDMANN (1937) conclut qu'à Banyuls, la limite supérieure de l'étage littoral qui, dans les stations tout à fait calmes, coïncide presque avec

le niveau supérieur moyen de la mer, peut être fixée, dans les stations situées en mode battu, à environ 1,50 m au-dessus de ce niveau. Ceci correspond à la limite supérieure de la répartition de l'algue *Bangia fusco-purpurea*, elle-même en relation avec les plus hauts niveaux atteints par les vagues pendant les tempêtes. Sur les rochers moins abrupts ou moins exposés, la limite de l'étage littoral est celle atteinte par le crustacé *Chtamalus stellatus*.

L'ensemble de ces questions a été repris dans un article célèbre de STEPHENSON et STEPHENSON (1949) qui proposent un schéma universel de zonation des organismes littoraux sur substrat dur, en partant de l'hypothèse que certains types d'animaux ou de végétaux caractérisent les mêmes niveaux de toutes les côtes rocheuses. Ils reconnaissent une zone littorale au sens large, limitée par les niveaux extrêmes haut et bas atteints par les marées d'équinoxe.

A l'intérieur de cette zone, ils distinguent une «*midlittoral zone*» limitée vers le haut par un horizon à Balanes (Crustacés cirripèdes), et vers le bas par la limite supérieure d'extension des Laminaires (algues brunes phéophycées). Par ailleurs, ils proposent de considérer l'espace compris entre cette limite et celle des plus basses mers, immédiatement au contact de l'étage infralittoral, toujours submergé, comme une frange infralittorale (*infralittoral fringe*).

Vers le haut, au-dessus de la limite supérieure des Balanes, et jusqu'à la limite supérieure d'extension des lichens encroûtants noirs (*Verrucaria maura*) se développe une frange supralittorale (*supralittoral fringe*) qui recoupe le niveau des plus hautes mers. Du côté terrestre, la limite de distribution de ces organismes assure le passage à la zone supralittorale *sensu stricto*.

Reprenant dans ses grandes lignes le schéma des STEPHENSON, LEWIS (1964) définit un étage littoral au sens large qui commence plus haut (au niveau des dernières Laminaires) et s'étend jusqu'à la limite supérieure de distribution des derniers *Verrucaria* et des dernières *Littorina* (bigorneaux). Cette *littoral zone* jouxte vers le bas une *sublittoral zone*, et vers le haut elle inclut une *littoral fringe* dont la limite inférieure se tient au niveau de la litus line, elle-même située un peu au-dessous du niveau des *hautes mers moyennes* (MHW). Cette frange (supra)littorale est ainsi comprise entre le niveau à Balanes et le sommet du niveau à Littorines. Au-dessus s'étend la *supralittoral zone*. Dans l'ensemble cependant, le schéma fondamental reste le même. Le grand apport de Lewis a été de mettre en évidence, d'une manière exemplaire, la liaison étroite qui existait entre les conséquences de l'effet du mode (c'est-à-dire du degré de protection relative du lieu) et l'extension verticale des ceintures de végétation. Autant la zonation peut être lisible en mode calme, et ce, d'autant plus que la pente est forte, autant, en mode battu et selon la topographie, la nature et la structure du substrat, les ceintures se dilateront-elles pour s'étendre très au-dessus du niveau prévu (Fig. 21).

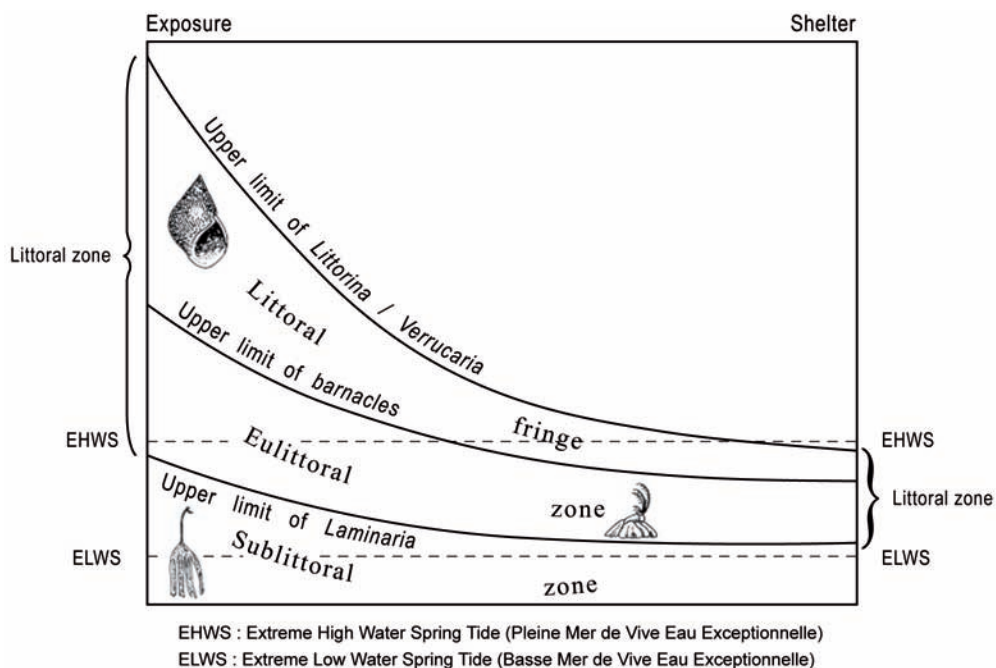


Fig. 21 : Influence du mode sur la zonation des côtes rocheuses (de Lewis, 1964)

Les schémas de zonation développés en Europe du Nord sont basés sur des concepts et des terminologies très différents de ce qui vient d'être exposé car les sites d'étude des auteurs scandinaves intéressaient les rivages dépourvus de marée de la Baltique. Les propositions de ces auteurs, notamment de DU RIETZ (1932,1947), avaient l'avantage que leurs schémas s'appliquaient à la fois aux substrats rocheux et aux substrats meubles.

Néanmoins, la terminologie adoptée était plutôt en défaveur d'un tel système.

Cependant, pour la première fois, un système est entièrement construit à partir de ce niveau critique qu'est la *littus line*, qui sépare de *facto* deux domaines littoraux (semi-terrestre et semi-aquatique), surmontant un domaine marin (étage infralittoral = ici *eu-hydrobiontic belt* !), dont la limite supérieure se place sensiblement au niveau moyen de la mer (*Mean Sea Level* = *MSL*) comme en Méditerranée, alors que la *littus line* se place, quant à elle, un peu au-dessus des hautes mers moyennes (*Mean High Water* = *MHW*).

DEN HARTOG (1959) a plus spécifiquement étudié les estuaires des Pays-Bas, en particulier le devenir de la végétation algale de leurs berges lorsque ceux-ci sont barrés. Quoique cet auteur considère en première analyse les limites biologiques des ceintures de végétation, il ne dénie pas qu'il existe une relation serrée entre la situation de ces ceintures et les mouvements de la marée.

Cependant, les Balanes, Littorines et Laminaires dans les parties rendues saumâtres et même douces des estuaires, ne peuvent plus servir de marques de reconnaissance des différentes ceintures.

Dans ces estuaires protégés, où le facteur d'exposition aux vagues est secondaire, DEN HARTOG (1959) considère que les niveaux hydrographiques dans l'estuaire correspondent approximativement, dans leurs effets, aux niveaux marégraphiques à l'extérieur des barrages, avec cependant un marnage plus réduit.

NIENHUIS (1975) distingue trois zones majeures.

La zone sublittorale s'étend un peu au-dessus de l'horizon à Laminaires jusqu'au niveau moyen des basses mers de vive-eau.

La zone eu-littorale s'étend vers le haut jusqu'à la litus line, un peu au-dessus des hautes mers moyennes. Ce littoral au sens strict comprend trois ceintures bionomiques à algues brunes : de bas en haut : ceinture inférieure à *Fucus serratus*, ceinture moyenne à *Fucus vesiculosus*, de part et d'autre du niveau moyen de la mer, et enfin, ceinture supérieure à *Fucus spiralis* (= *Fucus platycarpus*). A partir de là, on pénètre dans la **zone supralittorale** qui commence donc plus bas que dans les schémas précédents. Des algues vertes filamenteuses occupent la base de cet étage en même temps que des lichens encroûtants. L'intérêt de cette typologie (et surtout le positionnement vertical de ces limites) est, d'une part, la possibilité de l'utiliser pour la végétation phanérogamique des estrans vaseux (seule situation morpho-sédimentaire permettant aux plantes terrestres de pénétrer dans le domaine maritime) aussi bien que sur substrats rocheux. Ecologiquement, cette classification est intéressante car elle définit des habitats de trois types.

En condition tidale, un environnement aquatique marin est défini comme un habitat soumis à un régime de submersion supérieur à 30% (fréquence cumulée annuelle). Cet espace tient approximativement sous le niveau des hautes mers moyennes (*Mean High Water* = *MHW*). Au-dessus débute un environnement semi-terrestre où la fréquence de submersion est comprise entre 30% et 5%, aux environs de la ligne des plus hautes mers de vive-eau (*Mean High Water Spring Tides* = *MHWS*).

Enfin, un environnement terrestre, soumis à une fréquence de submersion cumulée annuelle inférieure à 5% (*Extreme High Water Spring Tides* = *EHWS*), se situe au-dessus de la limite précédente (Fig. 22).

Si l'on applique cette typologie aux côtes vaseuses, les herbiers à *Zostera marina* se tiennent, sur la slikke proprement dite, juste au-dessus du niveau moyen des basses mers d'équinoxe et ceux à *Zostera noltii* se développent plutôt dans la moitié supérieure de cet étage eu-littoral, considéré écologiquement comme aquatique alors que son sommet (la haute slikke de JACQUET (1949)) est colonisé par des Salicornes annuelles et/ou par une graminée vivace du genre *Spartina*.

Au-dessus du niveau moyen des hautes mers (*Mean High Water* = *MHW*) débute le schorre, espace supralittoral pour les botanistes non algologues. Le bas schorre correspond à un environnement semi-aquatique, dans la terminologie de NIENHUIS (1975), dominé par deux espèces : *Atriplex portulacoïdes* (= *Obione p.* = *Halimione p.*) et la graminée stolonifère *Puccinellia maritima*.

Le schorre supérieur qui fait la transition avec le domaine strictement terrestre (zone adlittorale, parahalienne selon certains auteurs), correspond enfin à un habitat semi-terrestre rarement inondé. Avec quelques adaptations, ce schéma peut être transposé en système non-tidal, ce qui n'est pas sans intérêt lorsqu'il s'agira de trouver des marqueurs de niveaux dans des lagunes anciennes ou des marais endigués.

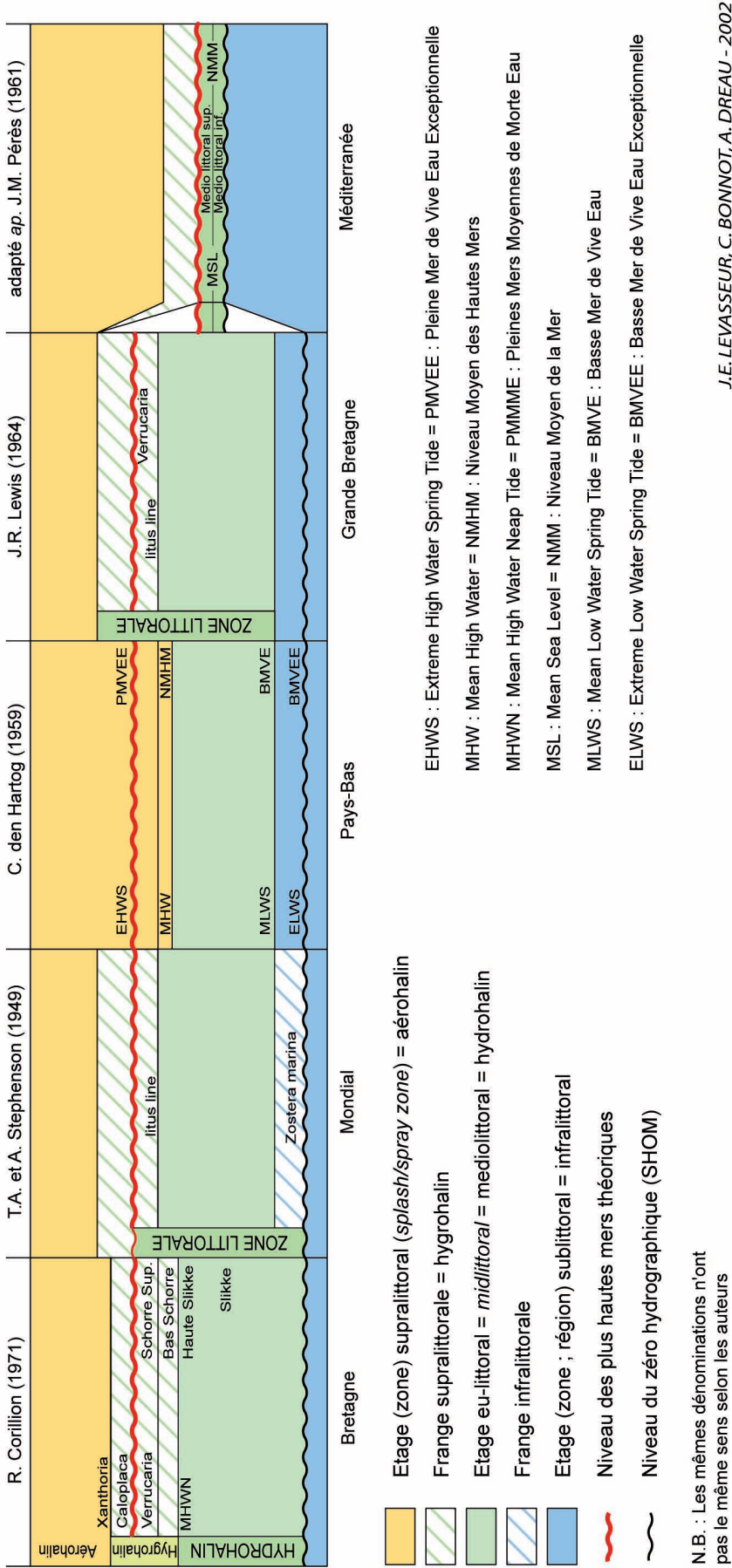


Fig. 22 : Mise en correspondance des schémas d'étagements littoraux fondamentaux selon différents auteurs

Dans sa synthèse sur la végétation des prés salés des côtes atlantiques européennes, BEEFTINK (1965), fait l'analogie entre l'étage eu-littoral défini par DEN HARTOG (1959) et l'étage dénommé hydrolittoral, suivant la proposition du suédois GILLNER (1960) qui avait adapté sous ce terme certaines propositions de DU RIETZ (1932). L'étage supralittoral pouvait être dénommé étage géolittoral, dont la limite supérieure se tenait au voisinage des hautes mers moyennes, là où se tenait la limite supérieure des Littorines (*Littorina saxatilis* en particulier).

Au total, dans la notice explicative des cartes de végétation de la France au 1/200000, CORILLION (1971) fournit une typologie générale de l'étagement de la végétation littorale, intéressant aussi bien les côtes rocheuses et sableuses que les côtes vaseuses, faciès qu'il nomme «halipèdes». Cette typologie fait appel aux travaux sur les lichens marins de DES ABBAYES (1931) et de DAVY de VIRVILLE (1932).

En se limitant aux seuls niveaux de l'estran occupés soit par des plantes supérieures, soit par des lichens (exception faite de l'algue brune *Pelvetia canaliculata* qui marque, sur substrat dur, la limite «écologique» de la flore algale marine), CORILLION (1971) distingue :

- **un étage hydrohalin**, correspondant à l'estran non végétalisé, la slikke (MASSART, 1907), en dessous du niveau des pleines mers de morte-eau ;
- **un étage hygrohalin**, compris entre la base des pleines mers de morte-eau et le sommet des plaines mers de vive-eau, dans lequel s'inscrivent les schorres ;
- **un étage aérohalin**, zone d'influence des embruns (*splash zone* à la base, *spray zone* des auteurs anglo-saxons au sommet), d'importance très variable avec l'état de la mer, l'exposition et la topographie locale.

En comparant cette typologie avec celle des auteurs néerlandais (Fig. 22), on peut assimiler l'étage hydrohalin avec les étages médiolittoral, eulittoral et hydrolittoral ; l'étage hydrohalin avec la frange supralittorale ou l'étage géolittoral ou supralittoral sensu stricto ; l'étage aérohalin avec pro parte, la zone supralittorale ou adlittorale.

Ceci semble complexe ou même formel, mais les auteurs ont travaillé à des époques différentes et surtout dans des lieux où l'amplitude des marées et la nature des substrats (rocheux, siliceux ou calcaires) étaient fort différentes. Malgré cela, ces typologies convergent et le concept de zonation fondamentale, applicable aux grands types de côtes, dont les ceintures se calent sur des niveaux marégraphiques critiques (écologiquement parlant) et qui se reconnaissent par la dominance physionomique et fonctionnelle d'un petit nombre d'espèces distinctes, animales et végétales, reste la clef majeure d'interprétation de la végétation littorale.

Les limites de l'estran, quels que soient les substrats, ont été moins étudiées que l'estran lui-même. Il a fallu attendre la synthèse de PENTECOST (1990) sur les communautés de mousses et de lichens des côtes rocheuses, habitats les mieux étudiés depuis toujours (LAMOUROUX, 1825, 1826), pour avoir un autre éclairage sur cette frange litigieuse qu'est la frange supralittorale. PENTECOST (1990) distingue nettement les *communautés marines*, ce qui

implique des inondations par l'eau de mer, des *communautés maritimes*, affectées par de l'eau de mer présente sous forme de spray ou d'aérosols. Aucune de ces deux définitions n'est totalement satisfaisante puisque la période d'inondation et la quantité de spray reçue sont difficiles à quantifier. En première approximation, ces deux zones se situent de part et d'autre de la ligne des hautes mers moyennes de vive eau (*Mean High Water Spring Tides* = *MHWS*). Sur la plupart des côtes rocheuses, la zonation des lichens est évidente et se matérialise sous l'aspect de bandes horizontales colorées, mais le nombre et la nature de ces bandes peuvent changer d'un site à l'autre, en particulier en fonction de la nature pétrographique de la roche et de sa structure.

FLECHTER (1973), *in* PENTECOST (1990), reprend la classification de LEWIS (1964) et constate que la difficulté vient du fait que la largeur et la hauteur relative des ceintures s'accroissent proportionnellement au degré d'exposition de la falaise, ceci conduisant à une moindre discrimination entre des ceintures qui interfèrent alors assez largement. FLECHTER (1973) limite l'étage littoral au sens strict, au niveau de la ceinture à *Lichina pygmaea* et de la partie «marine» de celle à *Verrucaria maura*. Il distingue une frange littorale, située au-dessus, caractérisée par la partie «marine» de la ceinture à *Verrucaria maura*, mais aussi et surtout, par une autre ceinture à *Lichina* (ici *Lichina confinis*), lichen à thalle fruticuleux noir.

La zone supralittorale sensu stricto débute au niveau de la ceinture jaune-orangé peu recouvrante à *Caloplaca marina*, qui caractérise le supralittoral «mesic», en compagnie de divers lichens incrustants clairs du genre *Lecanora*. Ce sous-étage est sujet à de fréquentes aspersions par les aérosols marins et peut même subir des submersions occasionnelles durant les tempêtes.

Le sous-étage qui lui fait suite (supralittoral «submesic») est caractérisé par le lichen orange vif à thalle foliacé *Xanthoria parietina*. Si cet espace est encore soumis aux embruns, il échappe à l'atteinte des vagues et n'est jamais inondé. Les premières mousses halo-tolérantes peuvent se rencontrer (*Tortella flavovirens* par exemple).

La zone supralittorale se termine par une sous-zone «xeric» où la diversité floristique s'accroît, ainsi que la variété des formes de lichens. La pression des vagues ne s'exerçant plus, des formes érigées sont présentes, à côté d'une flore incrustante de lichens gris, oranges ou bruns, dont certains caractérisent cet espace typiquement aérohalin, pour paraphraser CORILLION (1971), à savoir : *Rhizocarpon* sp., *Ramalina siliquosa*, *Anaptychia* sp., *Lecidella* sp.. Ce sous-étage reçoit encore quelques embruns, mais surtout il se draine rapidement et c'est à ce niveau que la dessiccation du substrat est la plus rapide après une période de pluie.

En conclusion, il faut retenir que **l'étage supralittoral**, dont il est sans doute plus aisé de distinguer la limite inférieure, si l'on s'accorde sur la nature des espèces indicatrices est, **sur un substrat rocheux, l'étage des lichens**, les plantes supérieures à caractère terrestre n'y pénétrant qu'à la faveur de dispositions géomorphologiques et édaphiques particulières et, de toute façon locales, alors que sur **substrat vaseux, cet étage est le domaine du schorre**.

I.4.2. Les côtes rocheuses

A) Zonation fondamentale

Dans le cadre de la problématique de détermination de la limite atteinte par les plus hautes eaux, seule la végétation située de part et d'autre de la ligne des plus hautes mers sera analysée, avec néanmoins quelques rappels se rapportant aux bien connues ceintures algales de l'étage médiolittoral.

Seule la végétation algale et lichenique des substrats rocheux sera décrite, sans prendre en compte la végétation phanérogamique des flancs, sommet et replats de falaises, d'essence terrestre ne jouxtant pas en principe la végétation maritime de l'estran.

Pour l'étage médiolittoral (= *p.p. max.* étage eu-littoral = étage hydrohalin = étage hydrolittoral), les végétations des rochers et falaises sont caractérisées par une couverture d'algues brunes (Phéophycées), organisées en trois ceintures superposées.

De la base au sommet de l'étage, on trouve successivement : i) horizon à *Fucus serratus* au contact de la zone des Laminaires qui marquent le sommet de l'étage infralittoral, ii) horizon à *Fucus vesiculosus*, iii) horizon sommital à *Fucus spiralis* (= *Fucus platycarpus*).

Sur le terrain, la limite supérieure de cet étage est marquée par une bande plus ou moins continue de *Pelvetia canaliculata*, où est déjà présent sous forme d'îlots, le lichen fruticuleux noir *Lichina pygmaea*, ainsi que les premiers lichens crustacés (c'est-à-dire ceux dont on ne peut détacher le thalle du substrat) du genre *Verrucaria*, qui annoncent l'entrée dans l'étage supralittoral (= étage hygrohalin = étage géolittoral).

En mode plus abrité peut dominer une espèce à plus grande amplitude de répartition verticale : *Ascophyllum nodosum* (Phéophycées) qui recouvre alors la plus grande partie de l'étage médiolittoral.

Sur les côtes rocheuses, l'étage supralittoral (= étage hygrohalin) est l'étage des lichens.

Trois ceintures se superposent dont seule la première est réellement continue. La seconde est relativement discrète tandis que la troisième marque déjà le début de l'étage aérohalin de CORILLION (1971). De bas en haut, on distingue :

- une ceinture noire à *Verrucaria maura*, dont l'extension verticale varie en fonction du mode;
- une ceinture plus étroite, orangé mat, à *Caloplaca marina*, lichen incrustant ponctuellement accompagné par un petit lichen noir fruticuleux du genre *Lichina* (ici *Lichina confinis*) dans les faciès rocheux très battus. Cette dernière espèce indique en fait la limite supérieure de la splash zone, étage quelquefois assimilé à une frange, le mot dénotant l'incertitude qui prévaut, compte-tenu de la diversité des modes d'exposition, mais cependant à altitude égale, dans la répartition verticale d'espèces-guide, pour désigner cette zone de transition.
- une troisième ceinture lichénique se repère à sa couleur, orangé vif, du fait de la dominance d'un lichen foliacé orange, *Xanthoria parietina*, dont il

faut souligner qu'il s'agit d'une espèce halo-tolérante, puisqu'aussi bien elle se rencontre communément sur de nombreux substrats à l'intérieur des terres (toits d'ardoise, piquets en ciment, murets, etc....). Sa présence à ce niveau, en même temps qu'un plus grand nombre d'espèces lichéniques, marque la rapide perte d'influence du milieu marin proche, dès lors qu'un site devient hors d'atteinte de l'aspersion directe par les vagues de tempête.

B) Zonations dérivées

Les variations les plus significatives s'observent sur les côtes méditerranéennes, du fait essentiellement de la quasi-absence d'une zone de balancement des marées.

On observe alors une concentration des ceintures de végétation algale, en même temps que, pour des raisons biogéographiques, la flore lichénique présentera peu d'espèces en commun avec celles des côtes atlantiques. En outre, cette flore est plus pauvre. Le seul lichen, à côté de *Xanthoria parietina*, qui occupe une place relativement importante sur les côtes rocheuses méditerranéennes est une autre espèce de *Verrucaria* (ici *Verrucaria symbalana*).

Cependant sa signification bionomique est moins nette que sur les rivages atlantiques. Si, habituellement, l'espèce se tient à moins de 10 cm au-dessus du niveau moyen de la mer, elle se rencontre encore, dans des situations abritées sur des rochers subverticaux peu éclairés, là où l'évaporation diurne est moins forte, jusqu'à plus de 1,50 m au-dessus de ce niveau.

Plus caractéristiques sont les revêtements encroûtants d'algues dites "calcaires" (algues du groupe des Rhodophycées) comme les *Lithothamnium*, *Hildenbrandia*, *Rissoella*, *Tanarea* ou de Phéophycées telle *Ralfsia verrucosa*. L'accumulation de ces structures constitue soit des revêtements plus ou moins continus peu épais, soit même des sortes de "trottoirs", l'encorbellement créé pouvant même dépasser 0,50 m et ce, un peu au-dessus du niveau moyen de la mer. Le groupement à *Rissoella verruculosa* et celui à *Tanarea tortuosa* sont particulièrement caractéristiques des rochers de la côte catalane, par exemple. Ils caractérisent les rochers fortement battus, en situation supralittorale basse.

Des cyanobactéries (ex cyanophycées ou algues bleues) sont bien représentées sur ces côtes, dans des habitats disjoints (cuvettes) ou à la faveur d'écoulements d'eau douce (*Rivularia*, *Nostoc*,).

L'étage médiolittoral débute par une ceinture à *Bangia* et *Ulothrix*. Il s'agit d'algues de petite taille, appartenant à des groupes variés, mais qui présentent le même aspect filamenteux, formant des gazons ras et denses, d'aspect muqueux, car retenant beaucoup d'eau. Ces gazons étendus sont caractéristiques d'un mode battu, ce qui leur permet de se maintenir jusqu'à plus de 0,55 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Cette flore est surtout hivernale et printanière.

Plus tard, des cyanobactéries noirâtres (*Lyngbya*) la remplacent.

Enfin, sur rochers battus et en dessous du niveau moyen, se développe une importante communauté dominée et caractérisée par une Sargassacée : *Cystoseira mediterranea*. Cette espèce présente une forte valeur indicatrice de niveau. Elle caractérise les zones rocheuses exposées de la frange supérieure

de l'étage médiolittoral. Sa limite supérieure, très nettement délimitée, est située au niveau moyen des basses eaux, de telle sorte qu'elle ne se trouve émergée qu'exceptionnellement lors d'une mer très basse (FELDMANN, 1937).

I.4.3. Les côtes meubles

Trois grandes formations entrent dans cette catégorie : les cordons littoraux sableux, les cordons de galets et les dunes littorales.

Pour le botaniste, ces accumulations se rangent parmi les écosystèmes "secs", tout comme les falaises dans leurs parties sommitales et sur leurs flancs maritimes.

Ces écosystèmes ont en commun une caractéristique fondamentale, à savoir que leur végétation est, hormis un tout petit nombre d'espèces halo-tolérantes, à caractère résolument terrestre ou continental.

La lecture et l'interprétation de la zone de passage de ces ensembles adlittoraux peuvent se faire de deux manières :

1. la végétation dunaire n'est pas d'un grand secours comme révélatrice d'un terme de passage entre le domaine maritime et le domaine terrestre;
2. au contraire, comme cette végétation ne supporte pas le contact de l'eau de mer, mais tente continuellement, par sa dynamique intrinsèque, de s'approcher au plus près de la ligne des plus hautes mers, sa localisation devient un remarquable révélateur, par la négative pourrait-on dire, de la limite du domaine maritime, puisqu'elle est présente quasi-exclusivement dans le domaine terrestre voisin.

La flore dunaire dans son ensemble ne rentre pas dans le cadre de cette étude, il s'agit ici simplement d'évoquer les premiers termes des zonations observées. En tout point de ces formations meubles, un gradient d'instabilité du substrat, dont l'intensité s'atténue en direction des terres, va générer une séquence spatiale d'habitats, disposés en bandes parallèles au rivage.

Chacune de ces zones, puisqu'il s'agit d'une zonation (LEVASSEUR, 1970), est colonisée par des groupes écologiques spécialisés et cette spécialisation sera d'autant plus nécessaire que l'on sera plus près de la ligne des hautes mers. En arrière de la dune mobile ou dune blanche, réputée instable, les processus d'érosion s'atténueront tandis que les dépôts éoliens seront de plus en plus faibles (passage à la dune fixée ou dune grise).

Il existe une zonation terrestre fondamentale dans les systèmes dunaires et les cordons sableux, qui relève des mêmes processus, ceux-ci générant les mêmes habitats.

Les cordons littoraux sableux jouent un grand rôle dans le fonctionnement hydraulique des côtes meubles ou basses en sédimentation dans la mesure où ils déterminent parfois l'existence de lagunes fonctionnelles et qu'ils ont déterminé, dans le passé, soit sous l'effet de leur propre dynamique, soit aidé en cela par des interventions humaines le changement de statut de ces espaces semi-enclos, les transformant ainsi en marais maritimes (VERGER, 1968). La marée, si elle ne baigne plus directement ces terrains, agit encore sur les habitats, via des percolations au travers des cordons, où par l'intermédiaire de la nappe salée

dont l'aire d'influence s'étend plus ou moins profondément selon la saison et l'existence ou non de rivières littorales. L'entrave à l'écoulement de ces eaux continentales est à l'origine d'étangs de barrage, qui, avec le temps peuvent se transformer en bas-champs.

Le fait qu'un cordon (de sable ou de galets) puisse être soit franchissable par certaines marées, soit rompu à la suite de tempêtes, permettant ainsi aux espaces enclos de retrouver un statut antérieur d'appartenance (transitoire ou durable) au domaine maritime, donne à ces formations une importance qu'il est nécessaire de souligner. La question est alors de savoir si des indices botaniques, couplés à des indices morpho-sédimentaires, permettent d'interpréter la situation présente de ces cordons, en termes rétrospectifs et prospectifs car, pourrait-on dire, il ne s'agit pas que d'eux-mêmes.

La situation est évidemment différente si l'on s'adresse à des cordons adossés, dont la migration vers l'intérieur est bloquée par des structures massives.

Les cordons de galets ont proportionnellement donné lieu à moins d'études (OLIVER, 1915; TANSLEY, 1935 ; GEHU, 1960, 1979 ; SCOTT, 1963, 1965 ; RANDALL, 1989), mais tous ces auteurs ont souligné l'originalité des habitats pour les plantes. La végétation dans ce cas est déterminée essentiellement par l'existence d'une matrice meuble organo-minérale qui comble les espaces interstitiels (RANDALL et SCOTT, 1993). Si ces accumulations n'existent pas, le cordon ne supportera aucune végétation. Il faudra alors rechercher dans les seules formes les traces de stationnement de la mer ou de son franchissement. Toutefois, les contraintes du milieu sont moins sévères pour les plantes qu'il n'y paraît, à condition qu'une partie du cordon de galets reste stable un certain temps (un temps certain) pour qu'une colonisation végétale pérenne s'initie et se maintienne.

A) Les plages sableuses et les dunes

Pour ce qui concerne les dunes et les plages qui les précèdent, des auteurs anglo-saxons reconnaissent 4 zones le long des plages sableuses : le *nearshore bottom*, le *foreshore*, le *backshore* et enfin la dune.

La première végétation présente se tient sur le *backshore*. Il faut cependant noter que la division entre le *foreshore* et le *backshore*, centrée autour de la ligne des hautes mers est évidemment dynamique : la végétation progresse vers le bas en été et est attaquée à partir de l'automne, quand les processus saisonniers de démaigrissement vont se mettre en œuvre (HULME, 1957).

Le *foreshore*, submergé à chaque marée, est si instable qu'aucune macro-algue ni phanérogame n'est capable de s'y installer.

C'est seulement au niveau du *backshore* que changent les conditions écologiques (stabilité estivale, nutriments, degré d'humidité) et ce au niveau du dépôt des laisses de marée, dont la composition et la quantité déposée sont extraordinairement variable même à peu de distance. Des platiers rocheux couverts d'algues en avant d'une plage sont fournisseurs de grandes quantités de matière organique. Une laisse est un sol saisonnier. De nombreuses semences, qui ne sont pas, pour certaines, altérées par un séjour, même prolongé, dans l'eau de mer, sont déposées à la partie supérieure de l'estran, les plus hautes mers hivernales de l'année précédente les ont déposées. L'existence d'une végétation nitrophile de laisses de marée (plusieurs laisses peuvent subsister dans un même site, si la fourniture de matériel a perduré lors

du déchet, ces lignes parallèles marquant simplement les niveaux instantanés à l'étalement des pleines mers du jour) constitue un marqueur de premier ordre de l'extension maximale de l'estran lors d'une précédente marée.

Des tempêtes peuvent fort bien reprendre ces matériaux, les disperser, auquel cas, plus aucune trace ne subsistera.

Le plus souvent, ces laisses "fertiles" ne sont pas directement visibles sur la plage, dans la mesure où du sable a pu les recouvrir ultérieurement. D'un point de vue morphogénétique, la végétation des laisses de mer, constituée obligatoirement d'espèces annuelles à cycle court, par le volume et le port de ses constituants, joue le rôle d'obstacles piégeant le sable.

Si la dynamique éolienne est active dans le lieu, des accumulations s'observent en arrière des plantes. Des coalescences ultérieures peuvent même conduire à la formation de dunes embryonnaires, qui seront ou non balayées par les grandes marées d'automne ou de printemps (HALLEGOUËT, 1981)

On peut distinguer la succession suivante : i) laisse éphémère, ii) laisse pérenne, iii) dune embryonnaire.

Les plantes de laisse sont des halophytes vraies, le plus souvent à feuillage proche de celui des plantes grasses. Leur cycle de vie est court. La richesse floristique est faible car il s'agit d'un environnement très difficile pour les plantes.

Par définition, ces communautés de laisse sont éphémères, opportunistes si l'on peut dire, car changeant de position chaque année. Elles peuvent même ne pas être présentes si les tempêtes des mois précédents ont été nombreuses et fortes.

Parmi les espèces présentes le plus couramment, citons : *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Salsola soda*, *Atriplex div. Sp.* dont *Atriplex hastata*, *Atriplex laciniata*.

On observe fréquemment que les laisses ne se tiennent pas obligatoirement au contact du flanc maritime du massif dunaire situé en arrière. Cet espace, que l'on doit considérer comme strictement supralittoral, peut être occupé en été par la première végétation pérenne terrestre, quoique halotolérante, dominée par une graminée rhizomateuse traçante : le Chiendent des sables (*Elymus farctus* = *Agropyron junceiforme*).

Dans les régions plus nordiques, une autre graminée très puissante (*Leymus arenarius* = *Elymus arenarius*), ressemblant à l'Oyat (*Ammophila arenaria*), et plus halonitrophile que le Chiendent peut s'installer jusqu'au niveau des laisses. Mais il faut aussi considérer que le marnage diminuant quand on se déplace vers le Nord de l'Europe, la notion de littoral change (tout comme en Méditerranée) et l'étalement vertical des espèces y est bien moins marqué. Des espèces vicariantes (cf. *supra*), vont s'ajouter un temps, puis remplacer des espèces à distribution plus atlantique.

Ces écarts ou ces contiguïtés entre la végétation des laisses et celle de la première ceinture graminéenne occupant la pente "maritime" des dunes mobiles (la seconde ceinture, sommitale, est celle dominée par l'Oyat), sont le résultat des processus hydro-sédimentaires et éoliens qui affectent cette zone de transition.

Il est évident qu'en l'absence de laisse et en l'absence d'une végétation dunaire proximale (surfréquentation, dynamique extrême), il sera très difficile de retrouver la trace des plus hautes mers antérieures.

On remarquera aussi que, le long de ces côtes et ce d'un point de vue typologique, le niveau moyen des hautes mers n'a pas ici la valeur de frontière majeure entre les deux environnements contigus reconnus sur les estrans rocheux et vaseux. D'une certaine manière, l'étage supralittoral des botanistes spécialistes de ces estrans commence ici plus haut et, dans certains cas, d'une manière plus nette que dans les cas précédents.

Sur un plan plus général, cela peut, *a contrario*, valider la notion de frange supralittorale comme véritable terme de passage entre le domaine maritime et le domaine terrestre. Or cette frange n'est pas une ligne... (COUX et LEROY, 1994).

B) Levées de galets

L'originalité des cordons de galets a déjà été soulignée et c'est le degré d'instabilité du substrat qui va conditionner la présence ou non d'une végétation.

Une espèce vivace est particulièrement caractéristique de ces habitats : le chou marin (*Crambe maritima*). La végétation est le plus souvent clairsemée. La végétation accompagnante est celle des laines de mer mais s'y ajoute des plantes des falaises maritimes (*Silene maritima*, *Crithmum maritimum*), des rudérales (*Rumex crispus*, *Matricaria officinalis* ssp. *maritima*, *Beta vulgaris* v. *maritima*,...).

Les différentes étapes de la colonisation de ces levées ont été étudiées par SCOTT (1965) qui distingue trois phases :

1. *pas de végétation* : les perturbations sont trop fréquentes pour que les plantes s'installent, tout comme au pied des falaises, ou à l'extrémité des flèches libres de sables ou de galets ;
2. présence estivale d'espèces annuelles : le substrat est stable seulement durant la courte saison de végétation, présence presque constante d'espèces du genre *Atriplex* ;
3. apparition d'espèces pérennes à courte vie. La condition pour ce développement de la colonisation est que le substrat ait été stable trois ans ou plus. On observe alors le beau développement des espèces précitées.

Enfin, on remarquera que la présence de lichens crustacés sur les galets est le signe d'une manifeste et ancienne stabilité (supérieure à 5 ans). Ainsi, l'observation de la végétation permet-elle d'évaluer le degré de stabilité d'une telle forme, caractère qui sera d'autant plus important à prendre en compte que tel ou tel cordon jouera effectivement un rôle de barrage ou de protection par rapport à des zones basses adjacentes.

I.4.4. Les côtes basses en sédimentation

A) Marais maritimes et lagunes côtières

VERGER (1968) distingue nettement ce qu'il nomme marais maritime d'un "wadden", en proposant que le premier nom désigne un espace autrefois tidal, maintenant hors d'atteinte directe du flot, soit qu'un endiguement ait été édifié, soit que la marge supérieure d'un schorre ancien ne soit plus qu'exceptionnellement et durant très peu de temps, inondé.

A son sens, les wadden désignent les prés-salés actifs (encore soumis à des processus de progradation et/ou d'accrétion), en même temps que l'estran nu (haute-slikke et slikke) qui les précèdent.

Dans cette acception les polders, au sens large, seraient donc des marais maritimes.

Les usages étant ce qu'ils sont, nous conserverons le terme de marais maritime pour désigner cette formation particulière aux côtes basses en sédimentation, dont la localisation est directement liée au contexte physiographique où ils se développent (baies abritées, parties internes de havres ou de lagunes, entrée et berges d'estuaire, etc.).

GUILCHER (1954) a clairement décrit les différents éléments constitutifs de ces marais et, classiquement, on distingue de bas en haut les éléments suivants :

- le chenal de marée, toujours en eau,
- la slikke inondée deux fois par jour quel que soit le coefficient de marée,
- la haute-slikke, inondée régulièrement car elle correspond à l'étage des hautes mers les plus fréquentes, là où se fait la sédimentation maximale (PASKOFF, 1993) et qui est le siège d'un début de colonisation végétale;
- la microfalaise ou talus du schorre ou talard, pas toujours présent, d'importance variable et siège d'une dynamique intense;
- le schorre enfin, surface régulièrement végétalisée, parcourue par un réseau complexe de chenaux, fréquemment creusés de cuvettes à fond plat dont la partie sommitale jouxte des éléments très variés, falaises rocheuses ou limoneuses, dunes, digues, perrés ou même landes.

La pente du schorre est en générale très faible (<1‰), mais assez fréquemment, le schorre présente une pente inverse, ou contraire, du fait que la sédimentation est maximale au voisinage du front de schorre alors que les eaux de submersion qui atteignent lors des grandes marées les parties hautes du schorre sont moins turbides, ayant déposé leur charge en matières en suspension (M.E.S.) plus en avant (BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2000).

Cette faible pente va magnifier le rôle de la microtopographie.

En effet, les halophytes qui peuplent le schorre ont chacune une tolérance particulière vis-à-vis du régime d'inondation qui les affectent et, d'autre part, les plantes du schorre sensu stricto sont sensibles à de plus faibles variations des conditions de submersion que celles de la haute-slikke. De ce fait, la végétation se présentera localement sous un aspect plus mosaïqué que zonée

en ceintures aux limites nettes. Les schorres d'estuaires présentent dans leur partie médiane, des étagements plus lisibles lorsqu'ils sont étroits, les pentes, plus fortes, induisant une meilleure discrimination entre espèces.

Slikke et schorre sont "génétiquement liés" et correspondent à deux processus successifs de mise en place : 1°) un processus d'accrétion sédimentaire qui présente la plus forte intensité en avant du schorre sur la haute slikke (BONNOT-COURTOIS et al. 1997; BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2000) ; 2°) un processus de progradation où les plantes colonisatrices de la slikke précèdent l'installation d'un tapis végétal secondairement continu. On remarquera ici que l'élévation du niveau de base de la mer, au rythme où on l'observe actuellement, aura évidemment des incidences sur la dynamique des schorres.

Soulignant qu'il n'existe pas une définition simple des schorres, VERGER (1968) propose une définition, intégrant les paramètres physiques et biologiques de ces espaces :

- pour la **slikke**, les critères de reconnaissance seront :
 - hydrographiques : la slikke s'étend à l'intérieur de la zone intertidale, sans en atteindre la limite supérieure,
 - sédimentologiques : les sédiments constitutifs sont fins : vase, tange, sable vaseux, sans évolution pédologique ;
- pour le **schorre**, les critères seront les suivants :
 - hydrographiques : le schorre est obligatoirement dans la zone inondable par les eaux marines ou fluvio-marines, soit pendant les vives eaux, soit pendant les tempêtes,
 - botaniques : il possède une couverture végétale halophile dense, en dehors des chenaux et des petites mares,
 - pédologiques : son sol, composé de matériel fin (tange ou vase plus ou moins sableuse) souvent lité ou même stratifié, est plus cohésif que celui de la haute slikke.

Plus simple à établir le long des côtes franches, la limite continentale du schorre devient plus difficile à préciser dans le cas des schorres d'estuaires (FRANCIS-BŒUF, 1947) car il faut la chercher au niveau des terrasses ou de la plaine alluviale.

JACQUET (1949) a tendance à penser que le terme de schorre devrait être seulement utilisé pour les formations inondables par la marée de salinité et non par la marée dynamique.

A la différence des côtes rocheuses et sableuses, l'originalité des estrans vaseux réside dans le fait qu'une végétation de plantes supérieures **pénètre** dans le domaine maritime et ce, sur une certaine distance. Celle-ci est fonction de la configuration des lieux et du marnage. Dans le Nord de l'Europe et sur la côte Est des Etats Unis par exemple, la végétation des berges atteint fréquemment le niveau moyen de la mer, dans une position altimétrique inconcevable en bordure de mer macrotidale.

Les plantes du schorre et la haute slikke ont donc des aptitudes différenciées à supporter des submersions temporaires par de l'eau de mer. Ce gradient transverse de submersion a sérié ces populations végétales en ceintures (zones), les espèces ayant la même sensibilité s'y concentrant. Ceci augmente d'autant les possibilités de compétition interspécifique et autorise la prise de possession d'un secteur par une seule espèce, si son port ou sa stratégie de développement le lui permet (RANWELL, 1972 ; ADAM, 1990). Il est alors possible, sur ce critère, de zoner l'estran supérieur en deux familles d'habitats: la première, regroupant les niveaux de la slikke et haute slikke, sous le niveau des hautes mers moyennes; la seconde, au niveau supérieur, regroupant les formations végétales du schorre.

Ainsi se distingue la végétation médiolittorale (=hydrohaline, = eu-littorale) de la végétation supralittorale (= hygrolittorale, = géolittorale).

Pour une région donnée, les côtes atlantiques par exemple, il existe une zonation fondamentale des estrans vaseux, qui ne sera pas caractérisée par les mêmes espèces dans d'autres régions biogéographiques. Dans les secteurs internes, saumâtres à doux, de la Baltique, le roseau commun (*Phragmites australis*) se tient en avant de ce qui correspondrait physiographiquement aux schorres de nos régions, le facteur limitant pour les plantes "continentales" qu'est la salinité, ne jouant plus ou jouant moins, pour écarter cette espèce des zones frontales du schorre (GRAVESEN, 1972).

Les paysages végétaux littoraux seront évidemment différents.

Nous avons souligné plus haut les analogies que l'on observait entre ces zonations des hautes latitudes et les relais de zonations rencontrés d'aval en amont dans les estuaires ou dans certains types de lagunes (havres du Cotentin par exemple).

Le facteur complémentaire, déterminant longitudinalement les remplacements de flore, est la salinité, en même temps que les facteurs marégraphiques s'atténuent.

CORILLION (1971) propose un système de zonation fondamentale des marais salés utilisable le long des côtes armoricaines :

Végétation pionnière de la slikke

Les herbiers à *Zostera marina*, seule phanérogame hydrophyte halophyte de nos côtes (à comparer avec sa variante méditerranéenne *Posidonia oceanica*), apparaît, à la limite de l'étage infralittoral, en populations monospécifiques denses sur les sables, graviers légers et tangles et s'étend jusqu'au niveau de mi-marée.

Dans les criques et dépendances d'estuaires, une autre espèce *Zostera noltii* (= *Zostera nana*) lui succède vers le haut de l'étage médiolittoral.

La végétation pionnière de la haute slikke se répartit en deux groupes : les communautés à Spartines (*Spartina maritima* indigène, *Spartina anglica*, espèce néophyte hybride qui tend à envahir de nombreux sites atlantiques, et *Spartina alterniflora*, localisée essentiellement en rade de Brest) et les communautés d'annuelles.

La végétation graminéenne pérenne à Spartines peut jouer un rôle dans la rétention des sédiments dans les lieux qu'elle colonise, en particulier pour ce

qui concerne *Spartina anglica*. Toutes les slikkes ne sont pas envahies alors que tous les estrans vaseux hébergent l'autre groupe d'associations dominées par des Salicornes annuelles, qui envahissent saisonnièrement la haute slikke dans les lieux un peu protégés ou sur des estrans à pente très faible.

Le genre *Salicornia* a une répartition très large sur nos côtes et il est représenté par de nombreuses espèces assez strictement localisées le long de la toposéquence des berges, ce qui donne une bonne valeur indicatrice de niveau. Une Salicorne vivace (*Arthrocnemum perenne* = *Salicornia radicans*), marque fréquemment, en mode exposé, la limite entre haute-slikke et schorre, aux alentours du niveau moyen des hautes mers.

Végétation du schorre

La zonation de la végétation des schorres armoricains est remarquable, compte-tenu de l'amplitude des marées. De la limite du schorre jusqu'aux rives de la bordure continentale, on distingue (Fig. 23a et b) :

- les prairies salées à *Atriplex portulacoides* (sous-arbrisseau bas à feuillage argenté) et *Puccinellia maritima*. Dans les prés-salés pâturés, lorsque l'Atriplex subit le fréquent passage de brebis, cette espèce fragile cède la place à la graminée rampante *Puccinellia maritima*, générant ainsi des paysages "secondaires" fréquents en Baie du Mont Saint-Michel par exemple (BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2000). Cette végétation caractérise le schorre inférieur et moyen, espace compris entre les hautes mers moyennes (*Mean High Water* = *MHW*) et les hautes moyennes de vive eau (*Mean High Water Spring Tides* = *MHWS*) (Fig. 23 b).

- au-dessus de cette limite débute le schorre supérieur. L'originalité de cet horizon est que, selon le type de contact de l'estran avec le domaine terrestre qui le limite, les conditions écologiques régnantes au niveau de cette zone de transition introduiront une variété certaine dans la végétation.

En fait, par rapport à une berge "normale", qui devrait être mésologiquement plus sèche que les niveaux inférieurs du schorre, ici, l'arrivée d'eaux douces venant du continent (sources bien localisées au bas de falaise ou écoulements en nappe) va développer, ponctuellement ou sur de plus larges espaces, des conditions marécageuses favorables à l'apparition d'une végétation caractéristique de systèmes saumâtres tels qu'on peut en rencontrer dans les parties médianes des estuaires, ou dans certains secteurs de lagunes sénescents, en bordures internes d'étangs de barrage (LEVASSEUR, 1970, 1971).

Les imprégnations permanentes d'eaux douces, lorsqu'elles sont assez abondantes, favorisent le développement de prairies à Joncs marins (*Juncus maritimus*) très visibles, par leur port, dans le paysage. Cette espèce est souvent accompagnée de *Carex extensa*, seul *Carex* pouvant supporter des submersions épisodiques par de l'eau de mer. Quand l'hydromorphie du sol devient plus forte, et constante, des Roselières saumâtres sont présentes (*Scirpus maritimus*) tout comme dans les sites marécageux arrière-littoraux où cette espèce est fréquente et dominante dans les fossés de drainage. De même, à l'amont des estuaires, les berges sont fréquemment bordées par de grandes Roselières, là où les eaux de surfaces deviennent douces. Au voisinage des résurgences et des sources, le Roseau (*Phragmites australis*) peut former soit des îlots bien circonscrits, soit de larges bandes au pied des falaises et ce, sur des centaines de mètres.

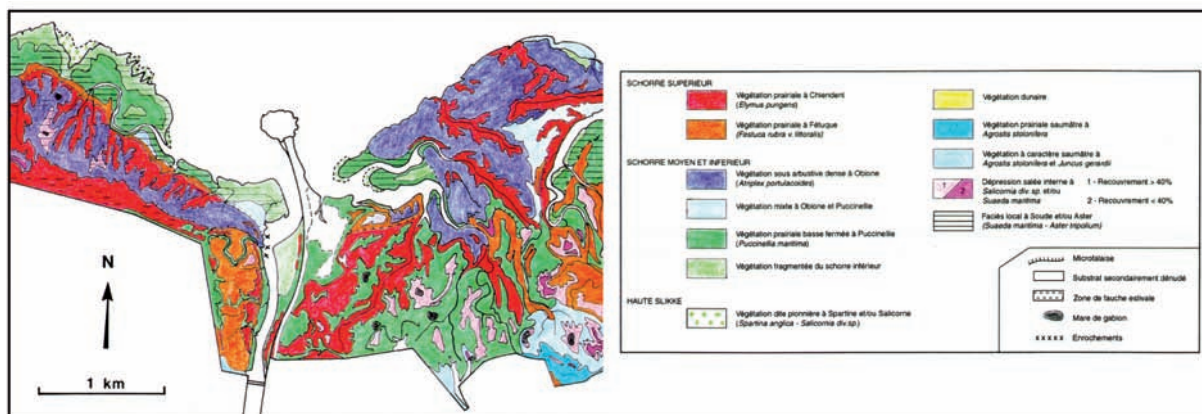


Fig. 23a : Extrait de la carte de répartition des formations végétales des prés-salés aux abords du Mont Saint-Michel.
Etat 1999. (d'après BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2000)

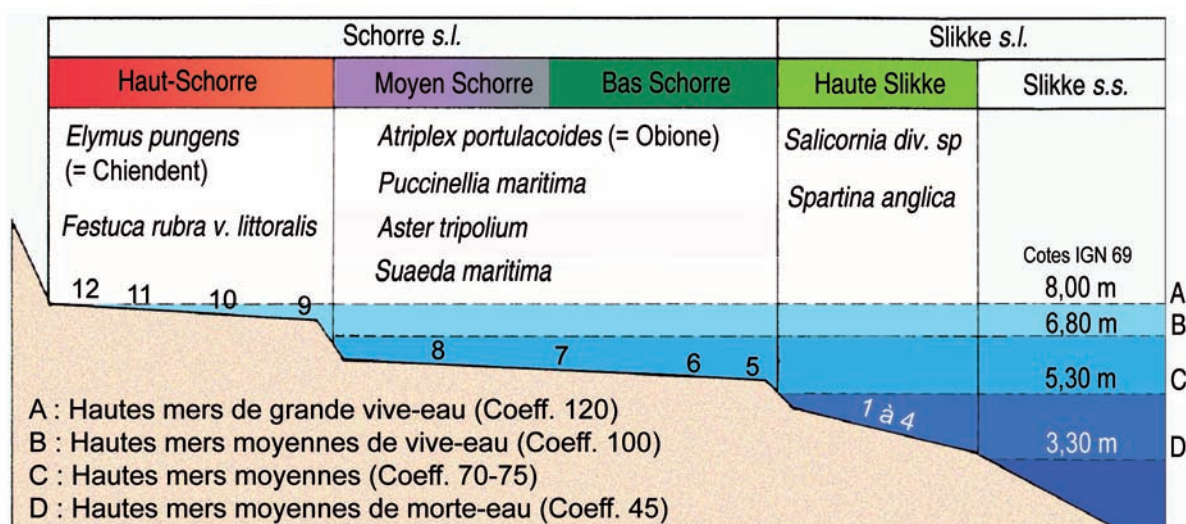


Fig. 23b : Subdivision bionomique de l'étage littoral des estrans vaseux.
(d'après BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR, 2000)

Dans les lieux humides, mais non continûment saturés, une association de prairie moyenne à rase devient omniprésente, comme dans les secteurs surpâturés des schorres mésophiles exploités par l'homme.

Il s'agit d'une Jonçaie à *Juncus gerardii* qui peut remonter loin en amont le long des fleuves côtiers où là elle pourra surplomber un liseré continu, au niveau de la haute-slikke, caractérisé par de grandes formes de deux halophytes du schorre ouvert : une annuelle, *Suaeda maritima*, et une vivace, *Aster tripolium*.

- Le schorre supérieur "normal", c'est-à-dire méso-xérophile, supporte deux types de végétation :

1. une végétation de pelouse où les graminées sont faiblement représentées, mais qui est dominée par différentes espèces du genre *Limonium* (Lavande de mer), par *Armeria maritima* et *Plantago maritima*. Sous cette formation, le substrat est formé de sédiments très compactés, compte-tenu de son altimétrie et de l'ancienneté de sa mise en place, ce qui permet indirectement de reconnaître ce niveau ;
2. une végétation très dense, quasi monospécifique, de prairie basse dominée par une Fétuque, (*Festuca rubra v. littoralis*) (BEEFTINK, 1965, 1966, 1977). Cette communauté peut se limiter à une zone de transition étroite (pentes raides, rives concaves d'estuaire) ou s'étaler sur de grandes superficies dans le cas de plate-formes subhorizontales. Par sa faible amplitude verticale, cette végétation a l'intérêt de marquer plus nettement la limite des plus hautes eaux moyennes que le groupement suivant à Chiendent piquant (*Elymus = Agropyron pungens*) qui déborde assez nettement sur le domaine continental.

Lorsque le schorre est en contact avec une dune, un groupement très particulier de pelouse ouverte signale le niveau moyen des plus hautes eaux. Sa valeur indicatrice est alors très forte car il se présente sous la forme d'une bande qui jouxte, tout en étant légèrement séparée, les végétations des ceintures basses de la dune. Il s'agit du peuplement à Bruyère de mer (*Frankenia laevis*) et Statices (*Limonium lychnidifolium*, *Limonium dodartii* et *Limonium binervosum*).

D'un point de vue physionomique, la véritable transition entre le domaine maritime et le domaine terrestre est assuré par une prairie ou un simple liseré, selon la pente ou la configuration des lieux. C'est le groupement de transition à Chiendent piquant (*Elymus = Agropyron pungens*). Là, les espèces des niveaux inférieur et moyen du schorre ont disparu et les compagnes d'influence continentale constituent un lot sensiblement équivalent à celui des halophytes strictes.

Selon la situation des schorres par rapport aux zones de polders, de dunes et/ou de falaises, la zonation se poursuit différemment.

Sur les hautes digues des polders, apparaissent des boisements clairs à *Tamarix anglica*.

En site protégé, jouxtant directement des pelouses dunaires fixées, on passe à une végétation de pelouse relevant des groupements à Lavande de mer (*Limonium v.*) et Bruyère de mer (*Frankenia laevis*).

En bas de falaise, la prairie à Chiendent se mélange aux premiers buissons de Prunelier (*Prunus spinosa*) mêlé de rejets d'Orme (*Ulmus campestris*). Il s'agit bien là de la limite externe du domaine terrestre (base de l'étage aérohalin ou adlittoral). Le Chiendent marque la limite supérieure de l'étage supralittoral au sens strict et les laisses de grandes marées se déposent naturellement à ce niveau.

De nombreuses espèces halo-nitrophiles, déjà citées par ailleurs, se développent saisonnièrement sur ces dépôts, les semences dérivantes de ces plantes y ayant été transportées et déposées là par les grandes marées précédentes.

B) Estuaires et deltas

La documentation sur ces milieux est extrêmement lacunaire, tout comme pour ce qui concerne les différents types de lagunes ou, encore plus les deltas. D'une part, les études de ces milieux sont essentiellement des travaux de phytosociologie, quasiment impossible à vulgariser pour un lecteur profane, et d'autre part, l'extrême variabilité des situations locales ne transparaît pas toujours dans les écrits des auteurs.

Il est donc difficile de faire une synthèse des caractéristiques écologiques des berges d'estuaires qui ont déjà été évoquées ci-dessus dans la partie consacrée aux marais maritimes.

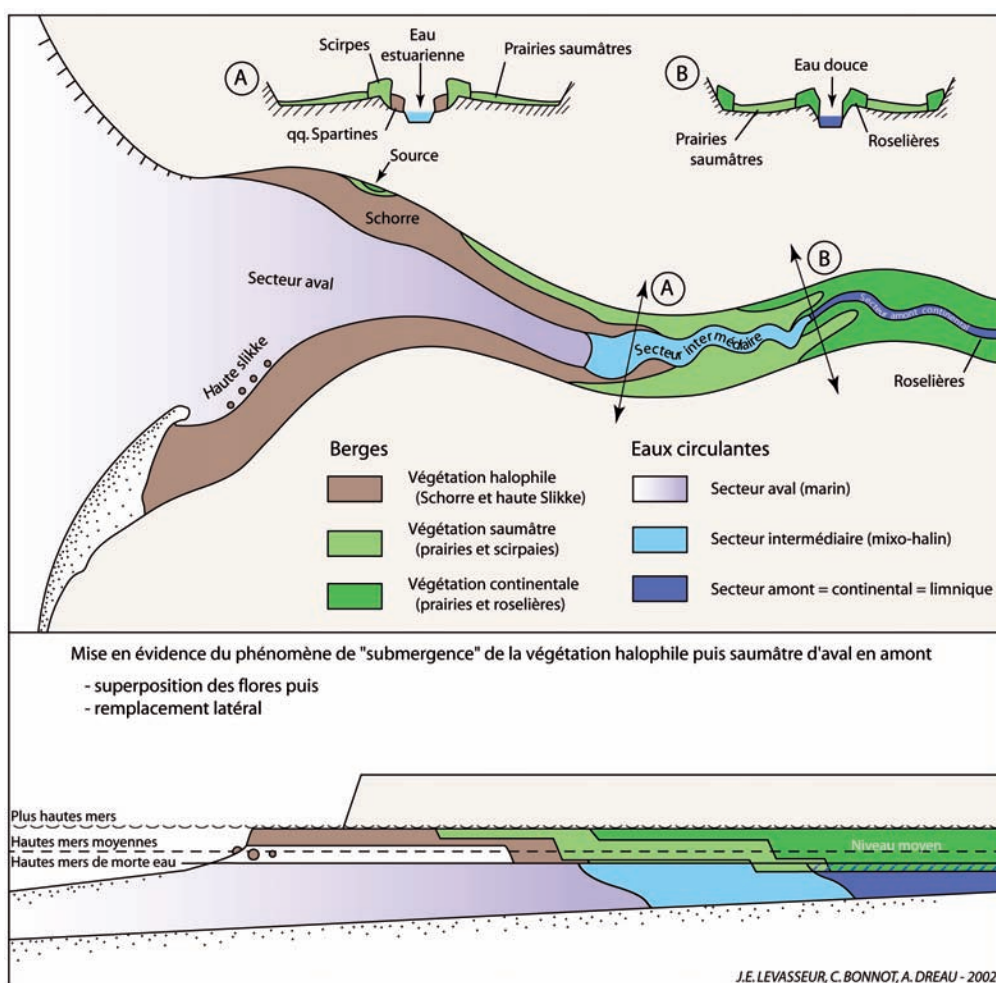


Fig. 24 : Modalités de passage entre végétations halophile et continentale en milieu estuarien

D'une manière schématique, la Figure 24 résume les modalités de passage de la végétation halophile du secteur aval, marin, d'un estuaire à la végétation de caractère continental du fleuve ou de la rivière qui le précède en amont. Il existe d'un secteur intermédiaire, mixohalin ou saumâtre, qui assure la transition entre les deux précédents.

La principale caractéristique écologique de cette interface eaux douces – eaux salées découle du positionnement supralittoral des terrains situés un peu au-dessus des hautes mers moyennes, niveau auquel on peut assimiler les terrains relevant du lit majeur dans les hydrosystèmes continentaux.

Cette particularité réside dans le fait que les limites amont des secteurs marin et intermédiaire, reconnues à partir des gradients de salinité et de submersion, ne coïncident pas avec la manière dont les différents groupes écologiques caractérisant les berges de ces secteurs se relaient latéralement, ni du point de vue de leurs limites de répartition, ni de celui de la façon dont ils se remplacent.

De ce point de vue, le phénomène le plus important, (qui peut s'exprimer différemment selon que l'on raisonne en partant de l'aval ou, au contraire, de l'amont) est celui de la "submergence" de la végétation halophile et halotolérante vers l'amont, cette dernière précédant la végétation à caractère plus continental des berges.

A l'inverse, la végétation continentale va avoir tendance à se développer à des niveaux de plus en plus élevés vers l'aval (phénomène d' "émergence"), pour se cantonner finalement au voisinage des sources ou zones de décharge des nappes d'eau douce, le long des rives.

De la même façon, la végétation "saumâtre" peut pénétrer assez loin, mais nécessairement, et pour les mêmes raisons, au plus près des rives, dans le secteur aval de l'estuaire.

Les deux coupes transversales (Fig. 24) illustrent ces particularités.

En milieu estuarien, il n'existe pas de relais brutal intersecteur, mais plutôt une disposition emboîtée des différentes végétations, ouverte vers l'aval.

Ainsi, dans le domaine supralittoral de l'estuaire, on observe non seulement un gradient floristique longitudinal, mais aussi, au niveau des zones de transition entre secteurs, un étagement hétérogène qui s'écarte de la zonation fondamentale propre à chaque secteur.

La conséquence est qu'il est quelquefois délicat de repérer indirectement, à partir de la seule végétation, la limite des plus hautes eaux, car la répartition de certaines espèces "continentales" a une amplitude verticale beaucoup plus étendue que celle des espèces équivalentes halophiles des hauts niveaux du schorre.

Par ailleurs, plus on va vers la mer, moins l'espace situé en dessous des hautes eaux moyennes est colonisable par une végétation continue. Dans le secteur aval, il s'agit en effet de l'habitat "haute-slikke", dont les particularités ont été décrites plus haut.

A niveau équivalent vers l'amont, l'espace analogue est le domaine d'une végétation de grandes herbes (Roselières et Scirpaies) dont l'apparition signale le passage effectif entre le secteur intermédiaire et le secteur amont de l'estuaire.

En tout état de cause, la végétation d'un estuaire doit être analysée dans sa globalité, si, par exemple, des arguments "biologiques" doivent contribuer à établir la limite transversale de la mer en un lieu.

DEUXIÈME PARTIE

Analyse de situations caractéristiques

II.1. Étude de cas sur le littoral français métropolitain

Les planches photographiques présentées ci-après illustrent quelques situations caractéristiques représentatives des différents types de littoraux qui ont été visités sur les 3 façades des côtes françaises.

On examinera successivement les côtes à falaise de roches dures ou meubles, puis les cordons littoraux de galets et les systèmes plage/dune et enfin, les côtes basses en voie de colmatage ainsi que les estuaires.

Chaque cas est illustré par des photographies qui sont interprétées du point de vue morpho-sédimentaire et botanique.

A la fin de chaque type de milieu côtier : côtes à falaise, côtes meubles et côtes basses en voie de colmatage, un tableau synthétise les critères majeurs de reconnaissance de la limite atteinte par les plus hautes eaux.

II.1.1. Côtes à falaises.

A) Falaises de roches dures

Les cas étudiés se rapportent aux falaises de roches dures cristallines, métamorphiques ou magmatiques, ainsi qu'aux roches sédimentaires consolidées de type grès ou flysch.

Les exemples de roches cristallines sont pris en Bretagne Nord pour les roches très métamorphiques (migmatites) du massif de Saint-Malo (Planche 1), et à Binic pour les zonations sur roches granitiques (Planche 2). En Méditerranée, la limite atteinte par les plus hautes eaux est étudiée sur les roches métamorphiques du massif des Albères à Collioure (Planche 3).

Les roches sédimentaires consolidées sont étudiées par des exemples pris dans les séries de flysch de Saint-Jean de Luz (Planche 3) et dans les formations des Vieux Grès Rouges, très indurés de Fréhel (Côtes d'Armor) (Planche 4).

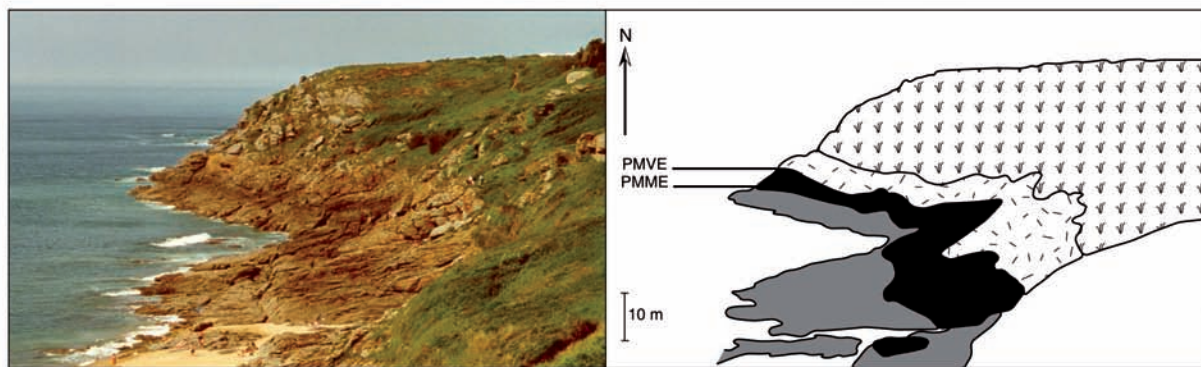
Un cas particulier est représenté par les falaises de craie du Pays de Caux qui présentent une morphologie et une évolution spécifiques (Planches 5 et 6).

Par ailleurs, en Méditerranée, les falaises calcaires dures sont particulièrement bien représentées aux environs de Cassis (Planche 7). Les pieds de falaise des calanques étant difficilement accessibles par voie terrestre, des détails de la ceinture algale et de Cyanobactéries sur ces substrats durs calcaires méditerranéens ont pu être analysés au niveau d'épis ou de digues en enrochements sur la plage de Sanary (Planche 8).

B) Falaises de roches meubles

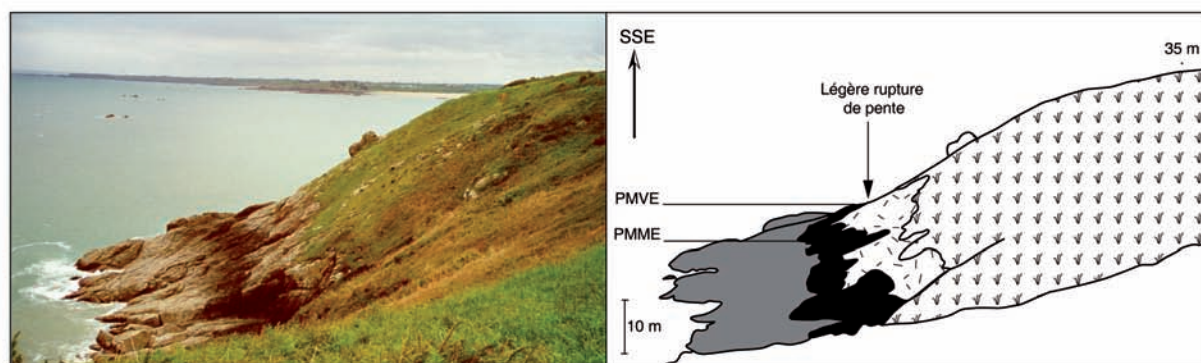
Les falaises de roches meubles (Planche 9) correspondent aux falaises taillées dans des roches sédimentaires de type marne, dont l'exemple le plus typique est celui des Vaches Noires (Houlgate) ou encore dans des couvertures de limon et de matériel périglaciaire (head) qui empâtent les reliefs, par exemple sur le littoral Nord de la Bretagne.

Planche 1 : Profil et étagement des ceintures de végétation sur une côte rocheuse (migmatites). Pointe du Meinga - 35



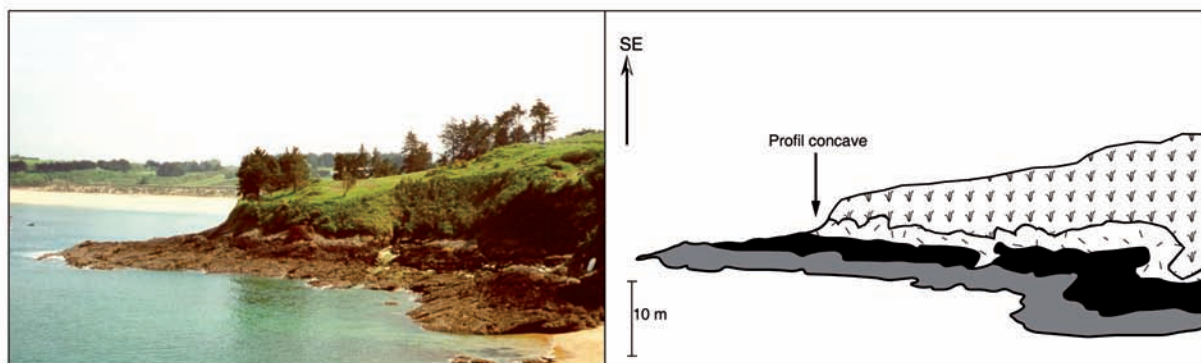
D. LE BRIS, 2000

Mode exposé



D. LE BRIS, 2000

Mode semi-exposé



D. LE BRIS, 2000

Mode abrité

- Végétation terrestre
- Zone des projections d'eau salée
- Zone des hautes mers (lichens noirs *Verrucaria maura*)
- Zone intertidale

Planche 2 : Etagement des lichens sur falaises rocheuses granitiques, Binic (22)



- 1 - *Verrucaria maura*
- 2 - Lichens jaunes *Xanthoria parietina* et *Caloplaca marina*
- 3 - Végétation aérohaline

Planche 3 : Falaises de roches dures



Roches métamorphiques Méditerranée.

Vue générale de la falaise dont la morphologie dépend fondamentalement de la lithologie et de la structure de la roche.

A la base, s'observe une ceinture grise de Cyanobactéries, typique sur les côtes méditerranéennes.

Vue de détail de l'étagement en mode semi-abrité.



Flysch. Côte Atlantique, Pays Basque.

La morphologie du contact de ces falaises de flysch avec la mer, dépend directement de la stratification et du pendage des couches géologiques.

Le pied de falaise est colonisé par le lichen noir *Verrucaria maura* sur une hauteur qui dépend de l'exposition aux vagues.

Niveau à *Verrucaria maura*

Zone de réflexion des dernières vagues (*Splash zone*) sur une dalle lisse du flysch.
Limite instantanée du niveau d'action de la mer dans les conditions d'agitation du moment.

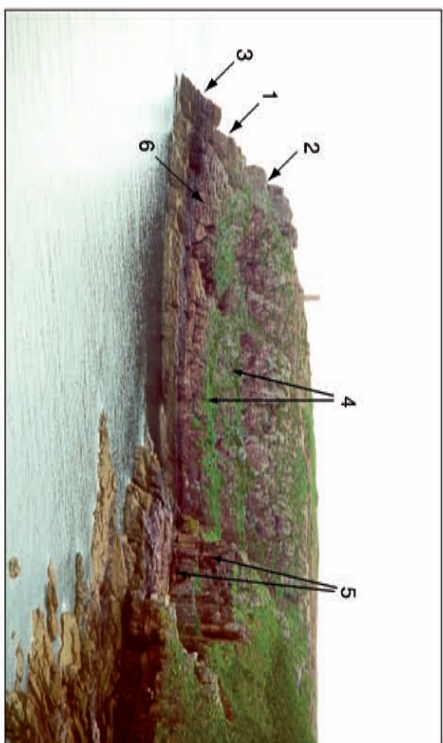


Planche 4 : Profil et étagement des ceintures de végétation sur côte rocheuse (grès). Cap Fréhel - 22



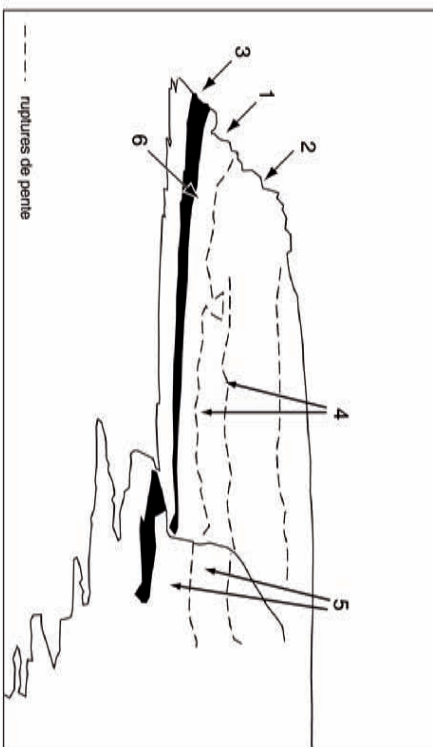
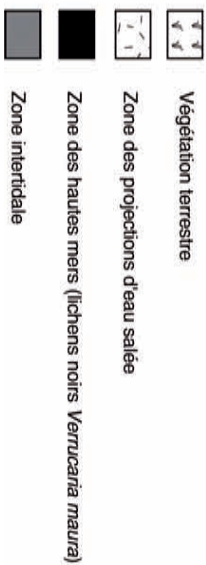
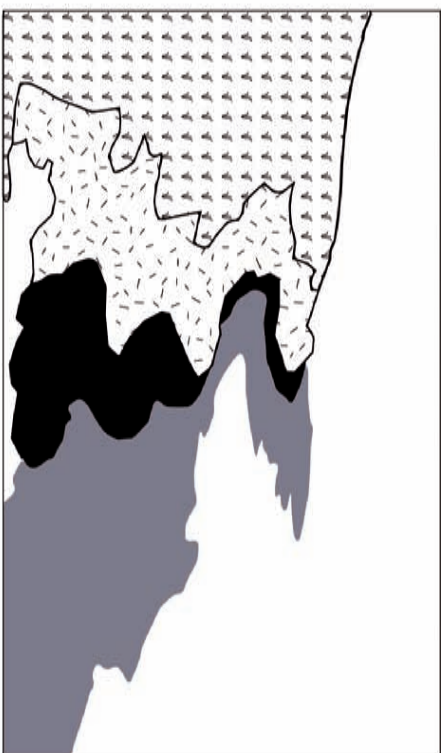
D. LE BRIS, 2000

Mode exposé



D. LE BRIS, 2000

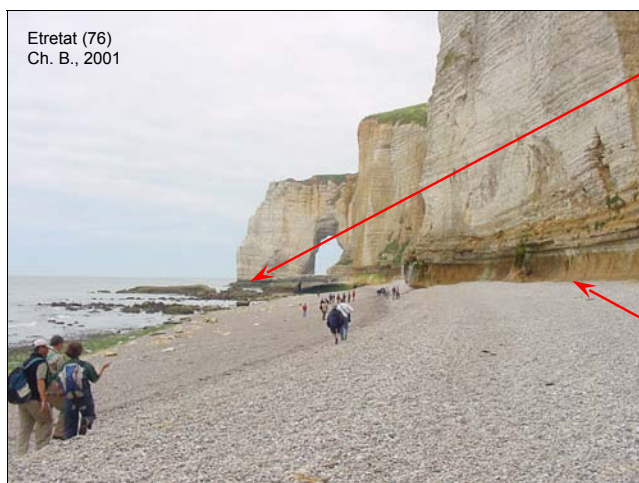
Mode abrité



Façade Ouest du Cap Fréhel.

Le caractère sub-horizontale des strates et la résistance de la roche dicte largement la morphologie du versant : son profil présente en effet une succession de pentes très redressées (1) voire verticales, et de replats structuraux sub-horizontaux (2). L'évolution du versant suit les joints stratigraphiques, et tend à dégager des pinacles (3). Les paliers sont soulignés par le développement de la végétation dite aérohaline (4), tandis que les segments pentus sont d'autant moins végétalisés que la pente est forte (5). On note à l'extrémité du cap un relèvement de la limite supérieure de la ceinture sombre de *Verrucaria maura* (6), lié au mode plus exposé.

Planche 5 : Falaises rocheuses - Craie



Etretat (76)
Ch. B., 2001

Ces falaises verticales présentent une stratification sub-horizontale soulignée par les silex.

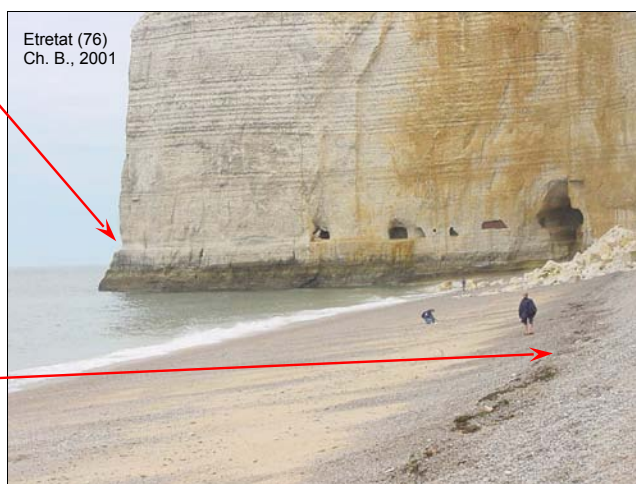
Le pied de falaise est colonisé par les lichens et les Cyanobactéries, qui forment une frange noire bien visible au niveau des caps. Cette colonisation biologique correspond aussi à un changement dans la lithologie de la craie.

Les plages de galets sont modelées en gradins successifs à pente raide. Le pied de falaise présente une grande encoche bien marquée au contact du sommet du cordon de galets

Encoche de faible amplitude, liée à la stratification.

Cette encoche est nettement plus haute que la limite supérieure de la frange noire de lichens. Elle ne correspond pas à la limite des plus hautes eaux mais est le résultat de l'érosion différentielle entre deux faciès de craie différents.

Premier gradin du cordon de galets.



Etretat (76)
Ch. B., 2001



Etretat (76)
Ch. B., 2001

Détail de la ceinture de lichens mêlés aux Cyanobactéries.

Planche 6 : Falaises rocheuses - Craie



Vaucottes (76)
Ch. B., 2001

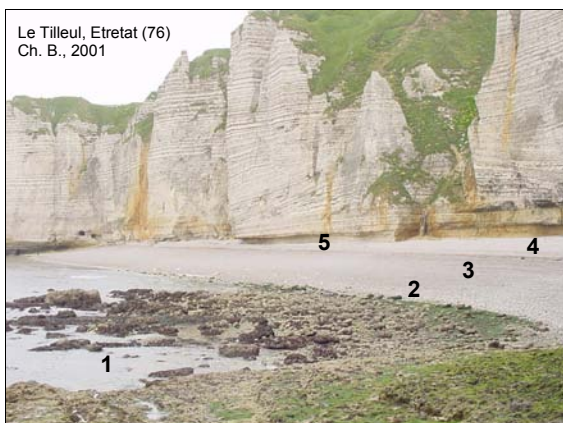
Vue du pied de falaise avec une petite encoche basale. A ce niveau de la plage, le cordon de galets est très réduit et forme une très étroite accumulation en pied de falaise.

Les argiles de décalcification de couleur marron clair, qui recouvrent en partie la craie, empêchent la reconnaissance d'éventuelles ceintures de lichens.

Vue de détail de la base de la falaise présentant une cassure récente. La sinuosité de la ceinture noire algale reflète la propagation des vagues le long de cette paroi lisse.



Vaucottes (76)
Ch. B., 2001



Le Tilleul, Etretat (76)
Ch. B., 2001

Vue générale de la falaise et de sa plage de galets.

- [1] platier rocheux de bas de plage colonisé par des Fucales ;
- [2] basse et moyenne plage à forte pente ;
- [3] ressaut topographique avant le haut du cordon ;
- [4] sommet du cordon de galets ;
- [5] encoche basale.

Vue de détail de la base de la falaise avec son encoche et le sommet du cordon de galets.

Le sommet de l'encoche est, de part et d'autre, souligné par une bande beige claire de nature correspondant à un changement de lithologie de la craie. (craie noduleuse dolomitisée)



Le Tilleul, Etretat (76)
Ch. B., 2001

Planche 7 : Falaises rocheuses méditerranéennes - Roches calcaires



Calanque, Cassis (13)
Martin Raffy, A. Baudry éd.

Vue générale d'une falaise à l'intérieur d'une calanque en mode semi-abrité.

La ceinture gris foncé de cyanobactéries ourle toute la base de la falaise. La limite supérieure de cette ceinture est irrégulière en raison de l'agitation.

Les cyanobactéries surmontent une bande plus claire qui correspond au niveau médiolittoral des cirripèdes.

Des poches argileuses de décalcification perturbent la lecture des zonations dans certains secteurs.



Calanque En Vau, Cassis (13)
Nicolas Fournier, La Goëlle éd.

Vue générale d'une falaise à l'intérieur d'une calanque en mode très abrité.

La ceinture gris foncé de cyanobactéries à la base de la falaise, bien que marquée, est ici beaucoup plus étroite. Sa limite supérieure est beaucoup plus régulière car le mode est calme.

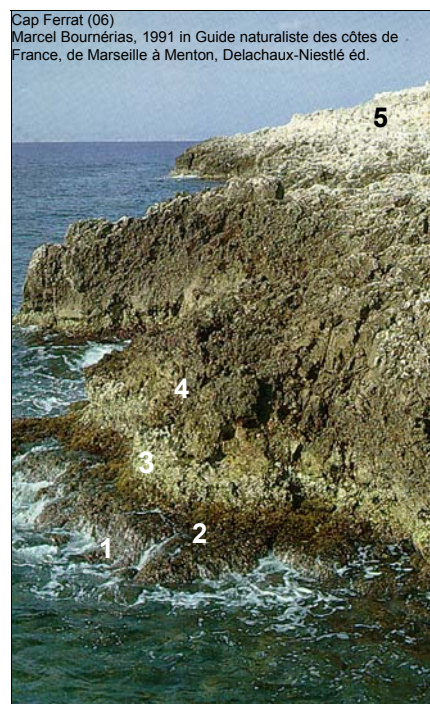
Le niveau clair des cirripèdes est bien visible à la base, au contact avec l'eau.

Zonation sur une falaise en mode très battu. On observe de bas en haut :

- [1] niveau rose-mauve à corallines (algues rouges calcaires) en zone infralittorale ;
- [2] niveau brun foncé à cystoseires (algues brunes) en zone infralittorale ;
- [3] niveau clair à cirripèdes (*Chthamalus* sp.) de l'étage médiolittoral ;
- [4] niveau gris à cyanobactéries (algues bleues) de l'étage supralittoral ;
- [5] roche calcaire du domaine terrestre *stricto sensu*.

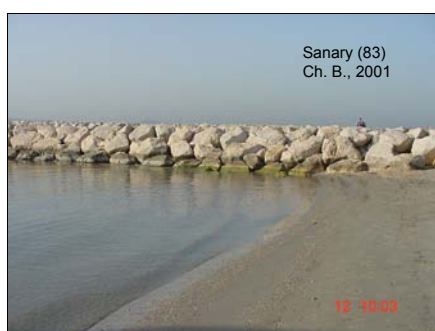
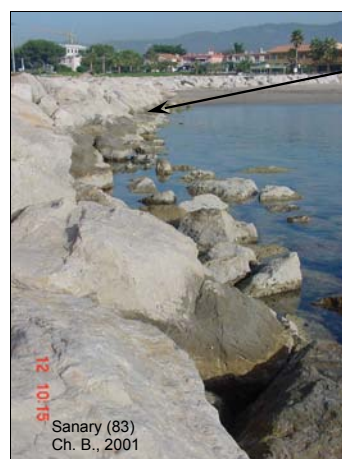
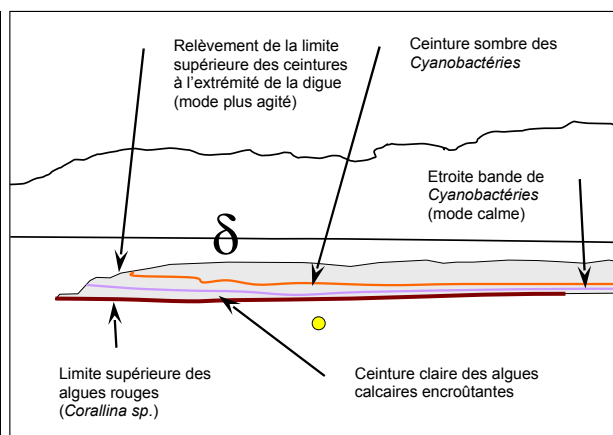
Il faut noter la très grande extension verticale du niveau à Cyanobactéries en raison de l'importance de la réflexion des vagues au niveau du Cap et donc de projections très fréquentes d'eau salée en hauteur sur la falaise.

La précision du niveau indicateur des plus hautes eaux est directement liée aux conditions d'agitation auxquelles est soumis le trait de côte.

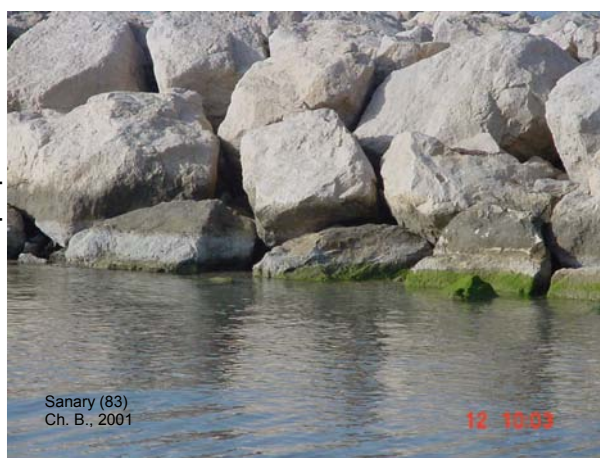


Cap Ferrat (06)
Marcel Bournérias, 1991 in Guide naturaliste des côtes de France, de Marseille à Menton, Delachaux-Niestlé éd.

Planche 8 : Substrat dur rocheux. Méditerranée.



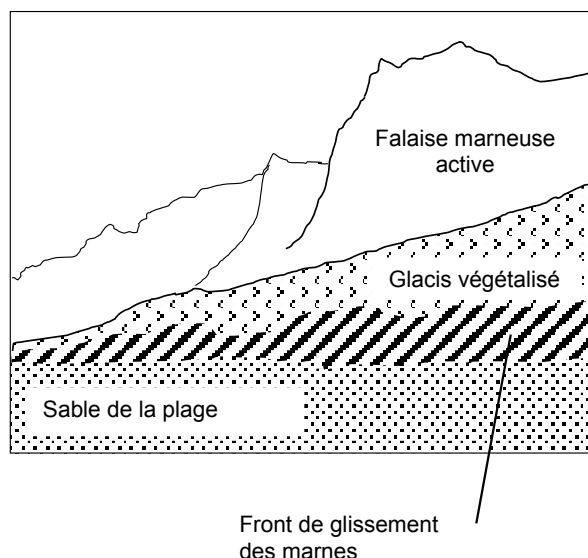
Détail de la ceinture à *Cyanobactéries*.
En mode calme, son sommet
correspond au niveau des plus
hautes eaux.



Synthèse des traits morphologiques et botaniques caractéristiques du haut estran falaises de roches dures

Lithologie	Exposition	Morphologie Sédimentologie	Botanique	Evolution	Limite des plus hautes eaux
Roches cristallines, magmatiques ou métamorphiques. Type Schistes, Gneiss, Granite	Mode battu Mode calme	Rupture de pente. Dépend du pendage des couches vers la mer. Dépoli à la base sous l'action du frottement par sable et/ou galets si présents.	Ceintures de Lichens larges et plus hautes en mode battu Etroites et plus basses en mode calme	Stabilité	* Directement fonction de la morphologie du versant et de son degré d'exposition. * Sommet de l'horizon noir à <i>Verrucaria maura</i>
Roche volcanique Type Cap d'Agde		Encoche en fonction de l'orientation des couches	Présence de microphytes	Erosion selon la dureté de la roche	Encoche éventuelle
Roches sédimentaires résistantes. Type Grès Flysch		Dépend du pendage des couches vers la mer et de la lithologie Dépoli à la base sous l'action du frottement par sable et/ou galets si présents.	Ceintures à lichens noirs selon la rugosité du substrat	Recul des couches les moins résistantes	Limite supérieure de l'horizon noir à <i>Verrucaria</i> <i>maura</i>
Roches sédimentaires carbonatées. Type craie Type calcaire (méditerranéen)	Mode battu Mode calme	Encoche basale, éventuelle. Dépoli du pied de falaise si abrasion par matériaux grossiers (sable et/ou galets)	Ceintures de micro-algues au-dessus du niveau des hautes mers moyennes Ceinture grise à Cyanobactéries	Recul par effondrement sommital Stabilité si calcaire très résistant	* Sommet de l'encoche. * Limite supérieure du dépoli. * Partie supérieure de la bande sombre, grise de cyanobactéries et micro- algues
Digues en perré, Enrochements, Epis	Mode exposé Mode semi abrité	Influence de la pente et de la rugosité du substrat	Selon la nature du substrat, Ceintures de lichens et d'algues, équivalente à celle des falaises de roches dures	A priori, Stabilité	Limite supérieure de l'horizon sombre à <i>Verrucaria maura</i> ou à Cyanobactéries

Planche 9 : Falaises de roches meubles



Progradation de la falaise qui entraîne une avancée de la limite du DPM sur le haut de plage.

Contact entre les marnes et le sable de la plage.

Falaise rocheuse cristalline présentant l'étagement typique à *Verrucaria maura* et *Caloplaca marina*

Falaise de limon éboulée sur la plage



Synthèse des traits morphologiques et botaniques caractéristiques du haut estran

Falaises de roches meubles

Lithologie	Exposition	Morphologie Sédimentologie	Botanique	Evolution	Limite des plus hautes eaux
Marnes – Argiles Type "Vaches Noires"	Mode battu Mode calme	Rupture de pente Contact brutal par éboulement marneux sur plage sableuse	Destruction de la zone de transition terrestre- littoral	Progradation du continental sur le domaine littoral	Pied d'éboulis marneux Présence d'efflorescences salines
Head – Limon	Mode battu Mode calme	Eboulement sur plage. Mélange des stocks sédimentaires entre sable grossier de la plage et limons fins non calcaires de la falaise	Limite végétation terrestre incertaine. Pas de ceinture spécifique, en dehors d'une flore rudérale banale de haut estran	Recul par effondrement sommital Dégagement des éboulis par les actions marines	Pied de falaise, hors éboulis, en mode battu. Limite basse de la végétation pérenne en mode calme.

II.1.2. Côtes meubles.

A) Les cordons de galets

Les cordons littoraux formés de galets sont particulièrement bien développés sur le littoral normand et picard entre Antifer et la baie de Somme. Cependant, ce système hydro-sédimentaire a subi des perturbations par suite d'aménagements qui ont modifié le transit littoral et la morphologie naturelle des cordons est difficilement reconnaissable, par exemple au niveau de la flèche des Bas Champs de Cayeux.

C'est pourquoi, même si ce secteur côtier a été visité, les exemples de reconnaissance de critères morpho-sédimentaires et botaniques sur les cordons de galets concernent : l'île de Sein et la plage d'Etretat (Planche 10), la plage de La Coudoulière (proche de Sanary) en Méditerranée (Planche 11), et les cordons, plus ou moins fragilisés, isolant en arrière d'eux de petites lagunes côtières en baie d'Audierne (Planche 12).

B) Les plages sableuses et les dunes

Les plages sableuses et les dunes qui leur sont associées ont été analysées en plusieurs sites :

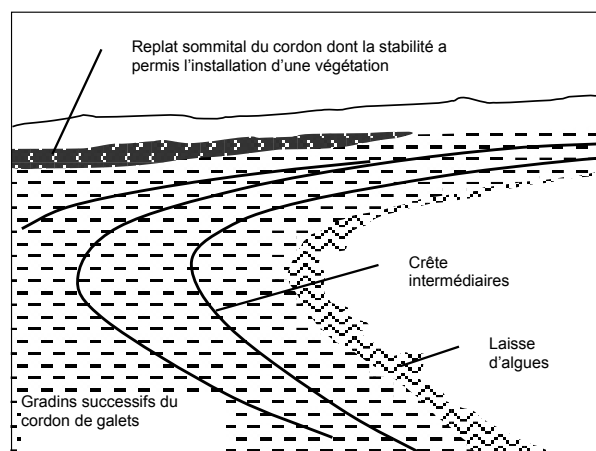
Planche 13 : plage externe et cordon dunaire du Havre de Lessay sur la côte Ouest du Cotentin.

Planche 14 et 15 : Massifs dunaires en deux situations morpho-dynamiques : d'une part, un profil d'érosion du front dunaire, en situation hivernale, d'autre part, des dunes en progradation généralement après la période estivale, si l'érosion anthropique n'est pas intervenue.

Planche 16 : cordons littoraux sableux de Trébeurden, de Plestin les Grèves et de l'Aber en Crozon, en Bretagne.

Planche 17 : En Méditerranée, profils de plage, depuis la zone de déferlement jusqu'à la dune, à Saint-Cyprien et à Sainte Marie-Plage.

Planche 10 : Cordons littoraux de galets



Partie active du cordon de galets

Replat sommital du cordon de galets occupé par la végétation (*Matricaria inodora* v. *maritima*)
Limite supérieure d'action des vagues



Limite supérieure d'action des vagues

Limite du dernier déferlement

Cordon de galet actif, non végétalisé, et modelé sur toute sa hauteur en gradins successifs jusqu'au pied de la digue

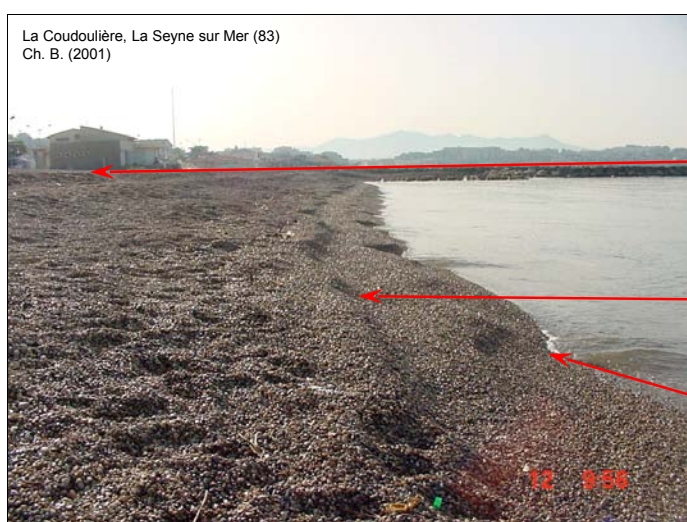
Planche 11 : Cordons littoraux de galets. Méditerranée



Replat sommital du cordon de gal

Laisse de mer indiquant la limite atteinte par la dernière plus haute marée

Cordon de galets actif et modelé par les vagues



Niveau atteint par les plus hautes eaux

Premier gradin visible du cordon de galets

Pente raide côté mer

Les plus hautes eaux atteignent la base de l'enrochement

Matte de *Posidonia oceanica*, couvrant le cordon de galets



Planche 12 : Cordon de Galets - Audierne (29)



Une rupture du cordon de galets particulièrement bien visible ci-dessus, peut provoquer la remise en eau temporaire des zones basses intérieures de la lagune côtière, qui se trouve alors de nouveau sous influence marine.



Détail d'un cordon en cours d'étalement après tempêtes, montrant différents niveaux de laisses et une morphologie aplatie du sommet du cordon. De ce fait, ils deviennent facilement submersibles lors des tempêtes habituelles et peuvent être rompus de plus en plus fréquemment.

Détail d'un cordon de galets bien constitué et stabilisé depuis une longue période (plusieurs décennies). Contrairement au précédent, il présente une morphologie caractéristique : pente douce côté mer et raide côté interne. En l'absence de rupture du cordon, les eaux de l'étang situé en arrière ne sont saumâtres qu'à proximité immédiate de la face interne du cordon. Ceci explique qu'une végétation continentale (Roselière) jouxte ce dernier.



Planche 13 : Cordons littoraux sableux - Massifs dunaires

Massif dunaire de Lessay (50)
J. F., 2001



Profil d'une falaise dunaire suite à une marée de coefficient 106 en septembre 2001. Le massif dunaire est en voie de recul. On perçoit très nettement les paquets de sable végétalisés en pied de falaise.

Massif dunaire de Lessay (50)
J. F., 2001



Sommet de la dune colonisé par l'oyat (*Ammophila arenaria*).

Rupture de pente du front dunaire correspondant à une falaise d'érosion ancienne.

Profil d'une falaise dunaire en érosion suite à une marée de coefficient 106. La laisse de mer est très visible et donne une indication quant au niveau atteint par la marée.

En pied de dune, micro-falaise d'érosion récente

Planche 14 : Dunes en érosion - Profil hivernal



Front dunaire présentant un profil type d'érosion. La base de la dune est marquée par une microfalaise verticale, entaillée à l'occasion des dernières tempêtes. Le front dunaire est dépourvu de végétation sur les deux tiers inférieur de sa hauteur et des blocs végétalisés s'effondrent le long de la pente.

Limite supérieure atteinte par les derniers jets de rive



Du sable éolien peut venir recouvrir la partie inférieure du front dunaire en érosion.

Planche 15 : Dunes en progradation - Profil estival



Front dunaire situé en arrière d'une flèche sableuse et évoluant en mode très protégé. Celui-ci est entièrement recouvert par une végétation vivace qui tend à s'établir sur la haute plage, remplaçant les communautés de plantes annuelles, caractéristiques des laisses.

Du côté maritime, sur le flanc externe de la flèche, un système de dunes embryonnaires se développe en avant de l'ancienne ligne de rivage. Il correspond aux premiers stades de la colonisation, marquée par la présence de touffes pionnières éparées de Chiendent des sables. En arrière, on remarque un recouvrement total de la dune bordière ancienne par un tapis végétal continu.



Profil « estival » d'une falaise dunaire. Le massif dunaire est en voie de stabilisation. La végétation pionnière (*Agropyron junceum*) tend à descendre le long de la pente et stabilise le profil, jusqu'à coloniser la microfalaise basale.

Le massif dunaire est ici en voie de stabilisation. Le profil de la falaise présente une pente plus douce et supporte une végétation vivace à Chiendent des sables. (*Agropyron junceum*)



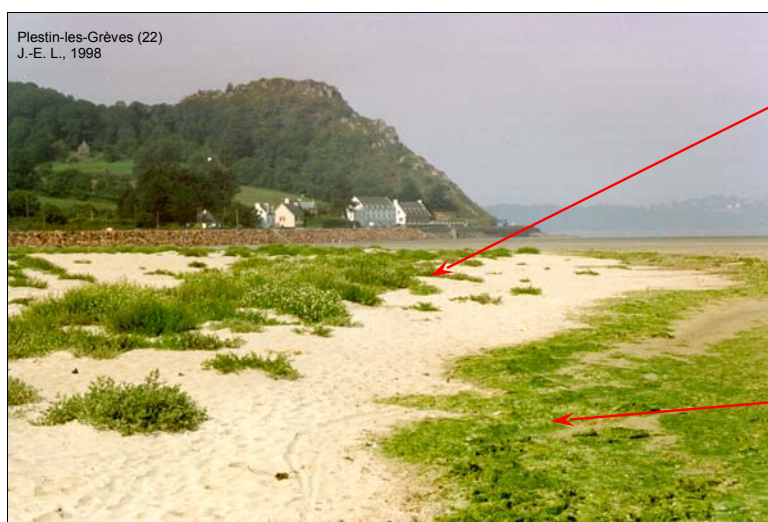
Planche 16 : Cordons littoraux sableux - Massifs dunaires



Microfalaise d'érosion ancienne, en pied de dune.

Végétation pionnière à *Crambe maritima* qui s'installent entre la microfalaise et le haut de plage.

Laisse de mer (Fucales) déposée lors de la dernière marée.



Végétation pionnière typique à *Honckenya peploides* et *Cakile maritima*. La limite des plus hautes mers se situe à ce niveau

Laisse de mer (*Ulva armoricana*) déposée lors de la dernière marée.

La végétation dunaire pérenne progrède sur le front dunaire qui est en continuité topographique avec la haute plage.

Laisse de mer ancienne colonisée par une végétation d'annuelles, située très en avant du front dunaire, et marquant une stabilisation temporaire de la haute plage.

Laisse de mer actuelle, située en avant du ressaut topographique généré par la colonisation d'une laisse ancienne, déposée l'année précédente.

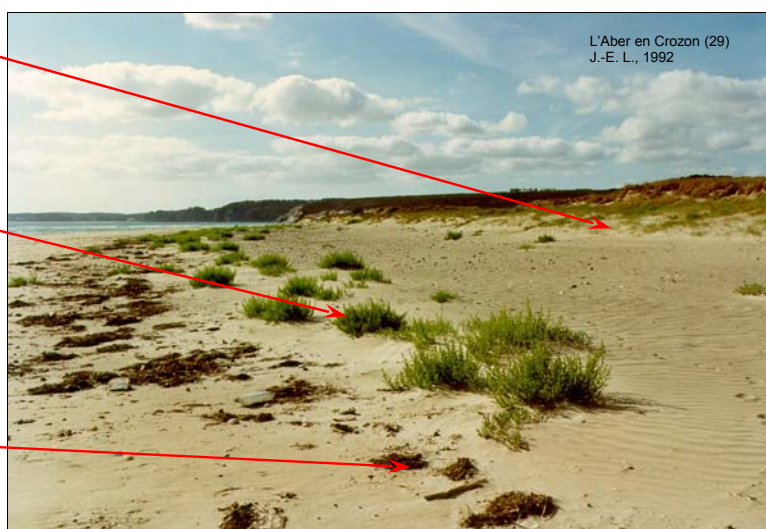


Planche 17 : Cordons littoraux sableux - Méditerranée



Vue générale d'une plage et de son massif dunaire

De haut en bas on observe :

- [1] le sommet de la dune végétalisée ;
- [2] le front dunaire non végétalisé, se raccordant en pente régulière avec le haut de plage ;
- [3] la plage proprement dite, en légère dépression par rapport au bourrelet de bas de plage ;
- [4] une berme en bas de plage ;
- [5] la zone de déferlement marquée par une micro-falaise.



Vue du haut de plage colonisé par une végétation pionnière.

La borne DPM est implantée dans le massif dunaire dont la morphologie n'est pas caractéristique (topographie chaotique, végétation éparse).

La limite entre la dune *sensu stricto* et la plage se situe juste en arrière de la borne.



Vue du bas de plage.

Un niveau de sable grossier, correspondant à la limite du déferlement du jour, précède la rupture de pente de la berme, localement modelée en micro-falaise.

La plage s'étend en arrière de cette berme jusqu'au pied de la première végétation dunaire. Elle présente une faible pente, parfois inverse.



Synthèse des traits morphologiques et botaniques caractéristiques du haut estran

Cordons littoraux

Formation	Exposition	Morphologie Sédimentologie	Botanique	Evolution	Limite des plus hautes eaux
Cordon de galets	Mode battu	Gradins successifs Ruptures de pente Pentes accentuées, sauf replat du dernier ressaut côté terre	Présence éventuelle d'une végétation à <i>Crambe maritima</i> selon la dynamique du cordon. Annuelles, Bisannuelles et Vivaces ou rien	Recul si mauvaise alimentation locale ou régionale en nouveaux matériaux	Tangente au sommet du dernier gradin côté terre Si stabilité du substrat, limite inférieure de la végétation, côté mer.
Plage sableuse	En érosion ou situation hivernale	* Faible amplitude de la berme de haut de plage, parfois entaillée en micro-falaise. * Diminution, voire disparition du sable de haut de plage * Mise à l'affleurement du cordon de galets sous-jacent, s'il existe, voire affleurement de tourbes anciennes sur la plage. * Continuité topographique entre haute et moyenne plage * Laisse des dernières grandes marées	rien	Recul saisonnier ou chronique. Aménagement fréquent par défenses longitudinales de haut de plage.	Sommet de la berme de haut de plage. Si fort abaissement du niveau de la haute plage, recul vers l'intérieur jusqu'à une falaise dunaire ou une défense du trait de côte.
Plage sableuse	En engraissement ou situation estivale	* Reconstitution du bourrelet de haut de plage. * Rupture de pente entre la berme de haut de plage et la moyenne plage, marquée par le ressuyage. * Recouvrement des cordons de galets par du sable parfois éolien * Laisse de mer	Colonisation végétale saisonnnière des laisses par des Annuelles : <i>Cakile, Atriplex</i>	Stable ou en engraissement si le bourrelet de haut de plage joue son rôle d'amortisseur des vagues	Sommet de la berme de haut de plage Espèces végétales installées au niveau des pleines mers de grande vive-eau, type <i>Cakile</i>

Synthèse des traits morphologiques et botaniques caractéristiques du haut estran

Cordons littoraux (suite)

Formation	Exposition	Morphologie Sédimentologie	Botanique	Evolution	Limite des plus hautes eaux
Massifs dunaire	En érosion	* Profil concave du front dunaire * Rupture de pente au raccordement à la haute plage. * Micro-falaise * Mélange des stocks sédimentaires. Sables moyens ou grossiers de la plage – sables fins de la dune. * Laisse de mer	Front de dune sans végétation. Elision de la première ceinture à Chientent des sables (contact anormal plage – oyats)	Recul par effondrement de blocs+/- végétalisés. Erosion anthropique. Déflation éolienne dans les couloirs non végétalisés	Falaise au pied du front dunaire.
	En progradation	* Profil convexe du front dunaire * Continuité topographique entre le pied de dune et la haute plage * Laisse de mer	Colonisation végétale du front dunaire. Avancée saisonnière de la végétation vivace sur la haute plage.	Progression frontale de la dune. Stabilisation par la végétation, favorisée par les techniques douces d'aménagement.	Pied de dune. Limite inférieure de la végétation vivace de la dune progradant saisonnièrement sur l'estran

II.1.3. Côtes basses en voie de colmatage

A) Les schorres de fond de baie

Les illustrations ont été choisies en trois sites : Baie du Mont Saint-Michel, golfe du Morbihan et havre de Lessay sur la côte Ouest du Cotentin.

Les vastes schorres de la baie du Mont Saint-Michel (Planche 18) présentent une organisation étagée de la végétation sur estran vaseux. Cet étagement souligne indirectement la micro-topographie et par là même renseigne sur la distribution des espaces soumis à des fréquences de submersion analogues.

Si l'on considère ensuite les modalités de passage du haut schorre au domaine terrestre contigu, on constate qu'une végétation à Chiendent signale généralement cette zone de transition.

Des exemples sont donnés dans le golfe du Morbihan (Planche 19) ainsi que dans le havre de Lessay. Un critère secondaire est apporté par l'analyse fine de la répartition des laisses de mer sur cette végétation de transition (détails de la planche 19).

B) Les lagunes côtières

En Méditerranée, les vastes étangs du Languedoc-Roussillon représentent des systèmes dont le fonctionnement est analogue à celui des fonds de baie en voie de colmatage évoluant sous régime de mers à marées.

Le site analysé est celui de l'étang de Bages qui illustre la variété des habitats et des paysages rencontrés (Planche 20). Il s'agit soit de prés salés peuplés d'halophytes, soit de formations vivaces telles les Roselières, Scirpaies ou Jonçaias basses dans les lieux les plus éloignés des points d'entrée d'eau de mer.

Par ailleurs, dans ce site de l'étang de Bages, de nombreuses bornes marquées D.P.M. et numérotées sont régulièrement réparties le long du littoral et correspondent à une délimitation ancienne dont la date n'a pu être retrouvée. La position de ces bornes sera comparée à la végétation et aux laisses de mer dans la partie consacrée à l'analyse de cas réels de délimitations déjà effectuées.

C) Les estuaires

Les grands estuaires français sont presque totalement aménagés, de telle sorte qu'il est délicat d'essayer de retrouver des critères naturalistes dans ces milieux.

C'est pourquoi, un petit estuaire de la côte Nord-bretonne, l'Arguenon (Fig. 25), a été choisi pour décrire les variations longitudinales et transversales de faciès afin de mettre en évidence les limites de l'influence marine (Planche 21a et b).

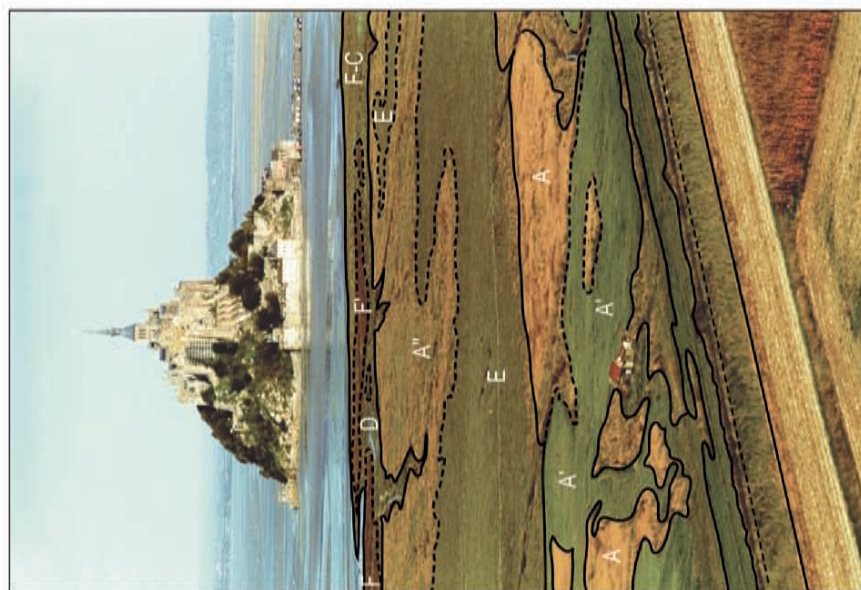
Par ailleurs, une délimitation avait déjà été effectuée sur ce même estuaire à la fin du XIX^{ème} siècle ce qui permettra la comparaison avec les résultats des premières opérations de reconnaissance de la limite transversale de la mer.

Dans les Abers (Planche 22), on observe une disposition classique de barrage de fond d'estuaire, qui a pour effet brutal de mettre en contiguïté, pratiquement sans transition, flore halophile du schorre et flore hygrophile continentale.

Les schorres ne sont plus représentés que par quelques banquettes, les hautes slikkes ne sont colonisées que par des algues benthiques.

En fonction de la morphologie des lieux, se développent de larges roselières à la limite du secteur amont de l'estuaire. La répartition de cette plante peut alors, dans une certaine mesure, aider à reconnaître une telle frontière, notamment quand les dernières espèces halo-tolérantes auront disparu.

Planche 18 : Etagement de la végétation du schorre – Baie du Mont Saint-Michel



Cliché P. UNTERREINER 1999

Extrait de BONNOT-COURTOIS et LEVASSEUR (2000)



Cliché P. UNTERREINER 1999

- (A) Prairie à *Elymus pungens* (= Chiendent)
 - A' - Idem mais fauchée (dominance secondaire de *Festuca rubra* v. *littoralis*)
 - A'' - Prairies à Chiendent en position proximale sur la partie relevée du schorre moyen
- (B) Pelouse rase (pâturée) à *Festuca rubra* v. *littoralis* (= Fétuque)
- (C) Prairie à *Puccinellia maritima*
- (D) Formation basse à *Puccinellia maritima*, *Atriplex portulacoides* (= Obione) et à Annuelles (*Suaeda maritima* et *Salicornia div. sp.*)
- (E) Fourré bas monospécifique à *Atriplex portulacoides* (= Obione), caractéristique du schorre moyen
- (F) Complexe de groupements du bas schorre (prairie basse à *Puccinellia maritima* dominante, avec faciès à *Suaeda maritima* et *Aster tripolium* - F' - creux à *Salicornia div. sp.* et *Spartina anglica*).

Planche 19 : Schorres de fond de baie



Etagement caractéristique de la végétation d'un marais salé. On distingue, de bas en haut :

- 1 - Haute slikke à Spartines
- 2 - Schorres inférieur et moyen dominés par l'Obione
- 3a - Schorre supérieur à Chiendent piquant, marquant le passage « normal » à la végétation terrestre
- 3b - Apports d'eau douce, révélés par une Roselière saumâtre de haut schorre à Scirpes marins.



Rupture de pente marquée entre le schorre supérieur et le domaine terrestre :
La laisse de mer ne recouvre que la base de la prairie de bordure à Chiendent.



Raccordement topographique progressif entre le haut schorre et le domaine terrestre, favorisant la progradation du Chiendent sur l'estran. Dans cette situation, la laisse de mer peut se déposer à l'intérieur même de la prairie à Chiendent.



Laisse de mer (à 5 mètres de la route qui longe le talus en arrière) après la marée de coefficient 106 (sept-2001). Cette laisse est composée de Fucules, de coquilles de gastéropodes, de carapaces de crustacés et de végétaux secs du schorre.



La laisse atteint localement la base de la haie du talus, couvert de végétation terrestre.

Planche 20 : Lagunes côtières Méditerranéenne



Vues générales d'une lagune côtière languedocienne montrant les Roselières des parties les plus internes de l'étang.

Passage graduel entre la végétation du schorre et le domaine terrestre. De bas en haut, on distingue :

- 1 - Schorre à *Salicornes* ligneuses
- 2 - Frange intermédiaire, linéaire, à *Jonc marin*
- 3 - Prairie de transition à *Chiendent*, dont la large extension vers le domaine terrestre coïncide avec une topographie plane, alors que côté schorre, son extension transversale est limitée par son intolérance à une submersion trop fréquente par l'eau de mer.



La route est située à la limite supérieure du schorre (à gauche sur la photographie). La végétation à proximité immédiate de la route est typique et composée au niveau de la flèche d'obione (*Atriplex portulacoides*).



Vues des laisses de mer en limite supérieure du schorre.



Fig. 25 : Estuaire de l'Arguenon.
Localisation des prises de vues décrivant l'évolution longitudinale des faciès estuariens.

Planche 21 a : Estuaire de l'Arguenon



D. LE BRIS, 2000

Amont du Pont du Guildo

Immédiatement en amont du Guildo, l'Arguenon peu encaissé dessine de larges méandres réguliers. Dans ce secteur maritime de l'estuaire, les berges sont occupées par des schorres typiques.

Liseré de Chiendent, marquant la limite des plus hautes eaux, au contact des rives

Végétation à Obione monopolisant l'ensemble du bas et moyen schorre (phénomène de submergence)



D. LE BRIS, 2000

Rive droite au niveau de la Ménardais, 2 km en amont du pont du Guildo.

Position de refuge de l'obione en bordure immédiate de la haute slikke.

L'Obione abandonne les niveaux plus élevés du schorre, eux-mêmes occupés par les espèces caractéristiques du secteur intermédiaire de l'estuaire, répondant au caractère saumâtre permanent du milieu.

La morphologie des berges et la finesse des vases de la haute slikke soulignent le caractère encore maritime de ce secteur.



D. LE BRIS, 2000

Rive gauche au niveau de la Ménardais, 2 km en amont du pont du Guildo.

Du chenal jusqu'au sommet des berges, on observe :

1 - la slikke, très pentue, occupée par des vases fines et recouverte à chaque marée

2 - la limite haute slikke/bas schorre, occupée par :

- a) la Puccinellie
- b) l'Aster
- c) l'Obione

3 - Les laisses se déposent naturellement en avant de la prairie à Chiendent (4) qui s'est développée à la faveur du ressèment des berges, dans ce secteur non pâturé.

5 - En arrière plan, on notera une Roselière de rive, dont l'installation a été favorisée par le mauvais drainage du secteur lié à la pente inverse des berges.



Planche 21 b : Estuaire de l'Arguenon



D. LE BRIS, 2000

Au niveau de Créhen, 5 km en amont du pont du Guildo.

Limite amont du secteur intermédiaire très étendu de l'estuaire.

Resserrement des berges avec une haute slikke très pentue (1), présentant des faciès encore vaseux.

On note la présence de quelques touffes d'Obione (2), tandis que le Chiendent (3) envahit totalement les berges jusqu'à surplomber le chenal.

La Roselière (4) s'étale jusqu'à la haute slikke dans les secteurs de plus forte dessalure.



D. LE BRIS, 2000

Au niveau du pont de Saint Lormel, 7 km en amont du pont du Guildo.

On sort du domaine estuarien. Le cours d'eau présente un aspect fluvial, le chenal est nettement moins encaissé et la slikke n'existe plus en tant que telle.

Les sédiments deviennent plus grossiers tandis que la végétation des berges ne présente plus aucun caractère halophile. On rentre ici dans le secteur continental, en limite amont des influences marines.

Planche 22 : Partie amont d'estuaire



Vue générale du secteur amont d'un Aber, limité physiquement par la digue d'un moulin à marée. Côté aval, quelques banquettes de schorre portent encore une végétation à Puccinellies et à rares Obiones (1), en bordure immédiate de la slikke vaseuse (2). En revanche, la végétation qui surplombe les berges du chenal étroit du ruisseau d'alimentation est formée d'algues et de plantes rudérales (3). Ces peuplements témoignent d'une eutrophie marquée des eaux douces de l'amont.

Quelques populations de Chiendent (1) marquent la limite amont des influences strictement halines.

Au voisinage du clapet à marée, des plantes d'eau douce, comme l'Oenanthe (2), colonisent les parties les plus hautes, non submergées des berges.



En amont du clapet, le lit de la rivière, ne présente plus aucun caractère estuarien, ni du point de vue de la morphologie et des sédiments du chenal, ni de celui de la végétation de hautes herbes (Oenanthe et autres macrophytes).

Lorsque le lit majeur de la rivière est beaucoup plus étendu, le passage du secteur amont de l'estuaire à la partie continentale s'effectue par l'intermédiaire de végétation halo-tolérante, à Asters (1).

Vers l'amont, une Roselière d'eau douce à Phragmites (2) remplace la prairie à Asters.



Synthèse des traits morphologiques et botaniques caractéristiques du haut estran

Côtes basses en sédimentation

Formation	Exposition	Morphologie Sédimentologie	Botanique	Evolution	Limite des plus hautes eaux
Schorre Fond de baie Lagunes côtières Polders	Mode abrité	Pentes très faibles, micro-topographie soulignée par des microfalaises correspondant aux avancées successives du schorre. Gradient de salinité dans les chenaux Laissez de mer Digues des polders	Espèces végétales caractéristiques de niveaux de submersion Prairie linéaire à Chiendent piquant et espèces rudérales des laissez de mer	Colmatage des fonds de baie et des lagunes. Sédimentation, exhaussement des fonds et progradation des schorres	* Pied des endiguements ou abrupt de rives franches. * Passage à la végétation strictement terrestre, en arrière du niveau à Chiendent piquant. * Laissez des plus grandes marées de vive-eau
Estuaires	Mode très abrité à l'amont Mode semi abrité à l'embouchure	Sédimentation de vases fines. Dynamique du bouchon vaseux. Limite de salinité.	Passage de la végétation halophile à la végétation de type terrestre Variable le long des rives selon le secteur, aval, médian ou amont, de l'estuaire.	Comblement de la partie amont des estuaires. Zones de sédimentation préférentielle liées à la dynamique estuarienne (rapport débit fluvial/prisme de marée)	* Limite amont de remontée des eaux marines révélée par le front de salinité plutôt que la marée dynamique. * Disparition des cortèges d'espèces halophiles et halo- tolérantes.

II.1.4. Exemples d'équivalences latérales de niveau

Lorsque le trait de côte est constitué de sédiments meubles ou dans le cas de plages soumises à une dynamique sédimentaire active, il devient difficile de reconnaître une limite des plus hautes eaux qui tienne compte des variations saisonnières ou pluri-annuelles de profils de la plage ou du front de dune.

C'est pourquoi il est utile d'essayer de trouver, à proximité de ces systèmes littoraux très mobiles, des substrats durs, stables, sur lesquels on pourra reconnaître des critères intégrateurs dans le temps (des ceintures de lichens par exemple), caractéristiques des niveaux atteints par les plus hautes mers.

Certains caractères morphologiques et/ou botaniques peuvent ainsi être mis en relation lorsque deux types de côtes sont en contiguïté. L'objectif est de montrer que les niveaux bionomiques reconnus dans les divers types de côte, au travers de différents groupes d'organismes végétaux (algues, lichens et plantes supérieures) ont une valeur indicatrice équivalente, vis à vis des facteurs qui déterminent leur positionnement. En utilisant alors les situations et les organismes les plus pertinents qui y sont inféodés, il devient possible, en l'absence évidemment de point coté proche, soit par l'observation, soit par une mesure topographique adaptée, de positionner altitudinalement les limites locales de différentes ceintures de végétation, et de leur donner une signification en terme de niveau des plus hautes eaux.

Les exemples présentés sur les planches concernent :

- une plage encastrée entre deux pointes rocheuses ou bordée par des substrats durs artificiels (épis, enrochements) ou encore d'un cordon de galets ancré à la base d'un pointement rocheux (Planche 23a).
- La planche 23b montre : en Méditerranée, le contact entre une falaise rocheuse, à morphologie bien marquée et le cordon de galets d'une petite plage contigue; et sur la côte Atlantique, un exemple de contact perré – épis – plage.
- enfin dans les côtes basses en sédimentation, les banquettes de schorre peuvent être interrompues par des pointements rocheux ou bordées par des perrés ou des enrochements de protection. Certaines relations entre niveaux de schorre et niveaux de lichens et /ou d'algues présents sur des substrats rocheux voisins sont illustrées sur la planche 23c.

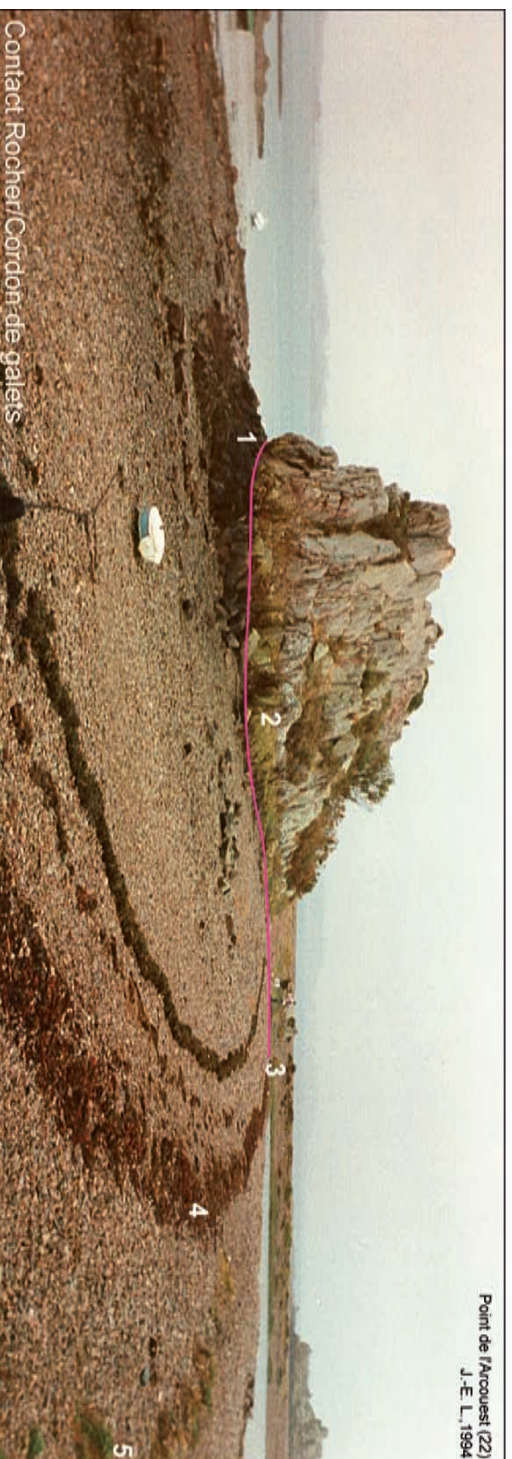
Planche 23 a : Equivalence latérale de niveaux



Contact falaise rocheuse/plage

La limite supérieure de la zone sombre de lichens (1 - *Verrucaria maura* —) se relève au niveau de l'extrémité exposée de la pointe et on observe une relative correspondance d'altitude avec les hautes mers (2 - - -).

Le bourrelet de haut de plage, bien développé (3), représente une situation d'engraissement estival. Le niveau de la moyenne plage est suffisamment élevé pour que le sable recouvre la base des rochers (4), potentiellement colonisable par les lichens. En période de démaigrissement, le niveau du sable baisse et la limite haute des lichens correspondrait alors au pied du massif dunaire (5).



Contact Rocher/Cordon-de-galets

La limite entre les lichens noirs (1) du supralittoral et les lichens jaunes (2), signalant l'entrée dans l'étage aérohalin, marque le niveau des plus hautes eaux.

Si on projette le plan horizontal défini par cette limite, on constate que celui-ci est tangent au replat sommital du cordon de galet (3), marqué par les hautes mers (5) à ce niveau, celles-ci correspondant à la colonisation d'une laisse antérieure, qui dénote des submersions potentielles aux plus hautes mers.

Planche 23 b : Equivalence de niveaux

En Méditerranée

Plage de galets avec, à sa base une matée de posidonies (1), et dans sa partie médiane, la laisse de la dernière marée (2).

Sur la falaise rocheuse adjacente, on observe un dépôt très marqué de la base, avec localement des encoches peu prononcées (3).

Il faut noter que le niveau atteint par la laisse coïncide avec la partie médiane de la zone dépolie. Le sommet du cordon de galets (4) correspond à la limite supérieure de la bande dépolie.

L'absence de ceinture de lichens ou de cyanobactéries s'explique par le mitraillage de la base de la falaise par les galets. Ce mitraillage est à l'origine du dépoli de la roche et empêche toute installation d'organismes.



Pyla sur Mer (33)
Ch. B., 2001



Les algues vertes (*Enteromorpha* sp.) se développent à la limite de ressuyage des eaux douces aussi bien sur perré lisse que sur enrochements et épis.

La base de l'étage supralittoral correspond au sommet des algues brunes. Les lichens qui marquent habituellement la base de cet étage sont absents ici.

Les algues brunes, de l'étage médiolittoral, ne subsistent que sur les substrats rugueux et dans les secteurs à faible apport d'eau douce.

La dissymétrie des accumulations sableuses à l'intérieur des systèmes d'épis, soulignent le sens de la dérive littorale. Le sommet du secteur engraisé de la plage (1), coïncide avec le sommet des algues brunes (2).

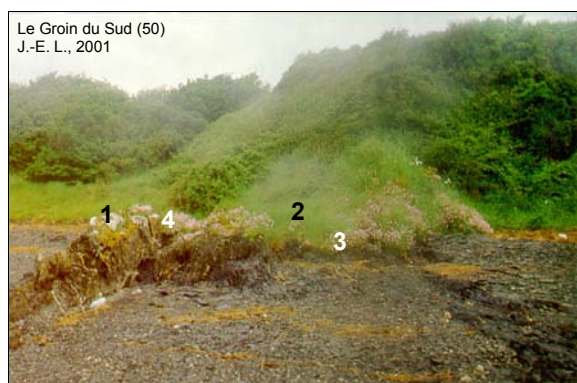
Planche 23 c : Equivalence de niveaux



La haute slikke à Spartines (1) jouxte l'enrochement ; le schorre est absent et on constate que cette végétation est entièrement située sous le niveau sombre à *Verrucaria maura* (2).



Dans le prolongement du perré, l'amplitude verticale de distribution du schorre *sensu stricto* (1) correspond à la frange sombre du *Verrucaria maura* (2). Au dessus de ce schorre, s'étend largement sur le talus des peuplements à Chiendent (3).



Le plan qui sépare la zone claire orangée (lichens *Lecanora div. sp.*, *Xanthoria parietina* - 1) recoupe la rive exactement au niveau où commence la végétation terrestre (2). Le talus est marqué par une micro falaise d'érosion (3) liée au battillage lors des pleines mers. Les Asters (4), résistants au déchaussement marquent la présence d'un ancien schorre aujourd'hui érodé.



Haute slikke colonisée par trois clones de *Spartina anglica* (1). La rive gauche du chenal montre nettement les équivalences de niveau entre le sommet des buttes témoins du schorre à Aster et la limite haute de la ceinture à *Verrucaria maura* (2), visible sur les rochers proches.

Etagement caractéristique d'un schorre d'estuaire.

De la base au sommet :

1 – Ourlet à Obione frangeant le bord du schorre et les chenaux adjacents.

2 – Prairie rase à Puccinellie.

3 – Au contact de la rive, sous la lande littorale à Ajoncs, ceinture de transition à Chiendent piquant.

La flèche indique l'équivalence de niveau entre la ceinture à *Verrucaria maura* sur rochers et la surface tabulaire du schorre.

II.2. Analyse de cas réels de délimitation.

II.2.1. Côtes sableuses

A) Cordons sableux en Méditerranée

La planche 24 montre l'implantation de bornes «DPM», dans différentes situations, le long du littoral languedocien à Collioure, au Racou et à Sainte-Marie Plage.

Hormis le cas, anecdotique, de bornes implantées en haut de plage en pied de falaise ou de murets, le positionnement des bornes, sur la plage du Racou montre que, des années après leur installation, celles-ci conservent une bonne valeur indicatrice, comme en témoigne la présence d'espèces de laisses de marée, d'une part, de plantes de la dune d'autre part et ce dans l'alignement de deux bornes successives (une seule est visible sur la photographie).

A gauche de cette ligne, la densité de plantes diminue fortement, voire même celles-ci peuvent disparaître. On pourrait évoquer le fait qu'il s'agit d'une plage et que donc le passage de piétons a pu remettre en cause d'éventuelles installations pérennes de la végétation.

Un parcours de terrain a montré que la situation se répétait et que donc la limite des plus hautes eaux se tenait bien en deçà de cette bande de terrain. Il faut cependant remarquer que, sur le document situé en bas et à droite de la planche, la borne visible est située sur le revers interne du cordon dunaire, ce qui peut signifier que les plus hautes mers recouvrent quelquefois celui-ci et déposent les semences dérivantes, dont la germination, l'année suivante, s'observe au niveau des jets de rive les plus internes qui ont occasionné leur dépôt.

Planche 24 : Bornes DPM - Méditerranée
- Côtes sableuses -



Collioure (66)



Le Racou (66)



B) Cordon littoral barrant une lagune côtière.

L'exemple est pris en Charente-Maritime, sur la commune d'Yves, dans le site nommé Réserve naturelle des marais d'Yves (Fig.26a).

Le cadre physiographique du site est celui d'une côte basse où un cordon sableux, enroché au droit d'habitations ou d'entreprises aquacoles établies dans des marais endigués jouxtant celui-ci en arrière, barre sur quelques centaines de mètres une dépression triangulaire elle-même limitée sur deux côtés par des levées ou digues.

Cette zone humide peut être considérée comme une petite lagune, compte-tenu de la flore qu'elle héberge, dont une forte proportion est de caractère halophile.

La flèche sableuse qui la limite à l'Ouest est largement incurvée vers l'intérieur, mais est précédée, à quelques dizaines de mètres en avant, par les restes arasés d'un ancien endiguement.

La question posée était alors de délimiter le DPM actuel dans la mesure où une partie du fonds du propriétaire était devenu estran, du fait à la fois de la destruction de la digue, puis de l'édification d'un cordon qui, naturellement, recule entre les deux points de résistance sur lesquels il s'appuie latéralement.

La délimitation a eu lieu le 20 Septembre 2000, par temps calme. La référence utilisée est celle du marégraphe de la Pallice.

La hauteur relevée (6,58 m) lors de la haute mer du soir dans ce lieu a été retenue pour tracer la ligne de partage (Fig. 26a) qui exclue alors les secteurs arrière cependant quelquefois inondables par la marée.

Une visite sur le terrain effectuée en mai 2001, avec en mains le plan du géomètre, amène aux constatations suivantes : le cordon dunaire bas possède à la fois une large brèche (d'ouverture supérieure à 15 m), fonctionnelle (des éléments de laisse étaient largement présents autour de ce marais et sur le revers interne du cordon), tandis qu'un ruisseau bien marqué assurait une vidange régulière du marais (Fig. 26b).

Un examen attentif du cordon, un peu au Nord, montrait les traces évidentes d'anciennes percées, dont l'une correspondait précisément à la brèche indiquée sur le plan du géomètre une année avant.

Par ailleurs une flore halophile, et pas simplement composée d'espèces annuelles, s'observait autour des zones de passage, dont l'emplacement est susceptible de se déplacer au gré des fortes mers.

Le géomètre indique d'autre part qu'une grande partie des terrains «enclos» ont été submergés lors de la délimitation ce qui rend perplexe quant à la limite finalement officiellement choisie, qui se situe bien en avant de ces terrains.

Du point de vue strictement scientifique, il existe ici deux séries d'arguments, les uns morphodynamiques, les autres botaniques, qui nous auraient fait rattacher l'espace barré à un estran.

En particulier, la présence d'une flore spécifique pérenne, indicatrice d'un type d'habitat parfaitement défini, est un fort indice d'une permanence fonctionnelle sur le moyen terme, puisque sa présence intègre à la fois des mises en contact avec de l'eau de mer (certes non permanentes à chaque marée) ou avec des eaux plus saumâtres, lorsque des seuils bas

se reconstituent dans le cordon et que les eaux "continentales" viennent se mêler aux eaux marines emprisonnées à la faveur des plus hautes eaux. Enfin en mai 2001, des éléments de laisse étaient présents sur toute la largeur du cordon. Ainsi, y a-t-il une distorsion importante entre la limite du DPM retenue et le constat de terrain effectué sur des bases morpho-sédimentaires et botaniques.

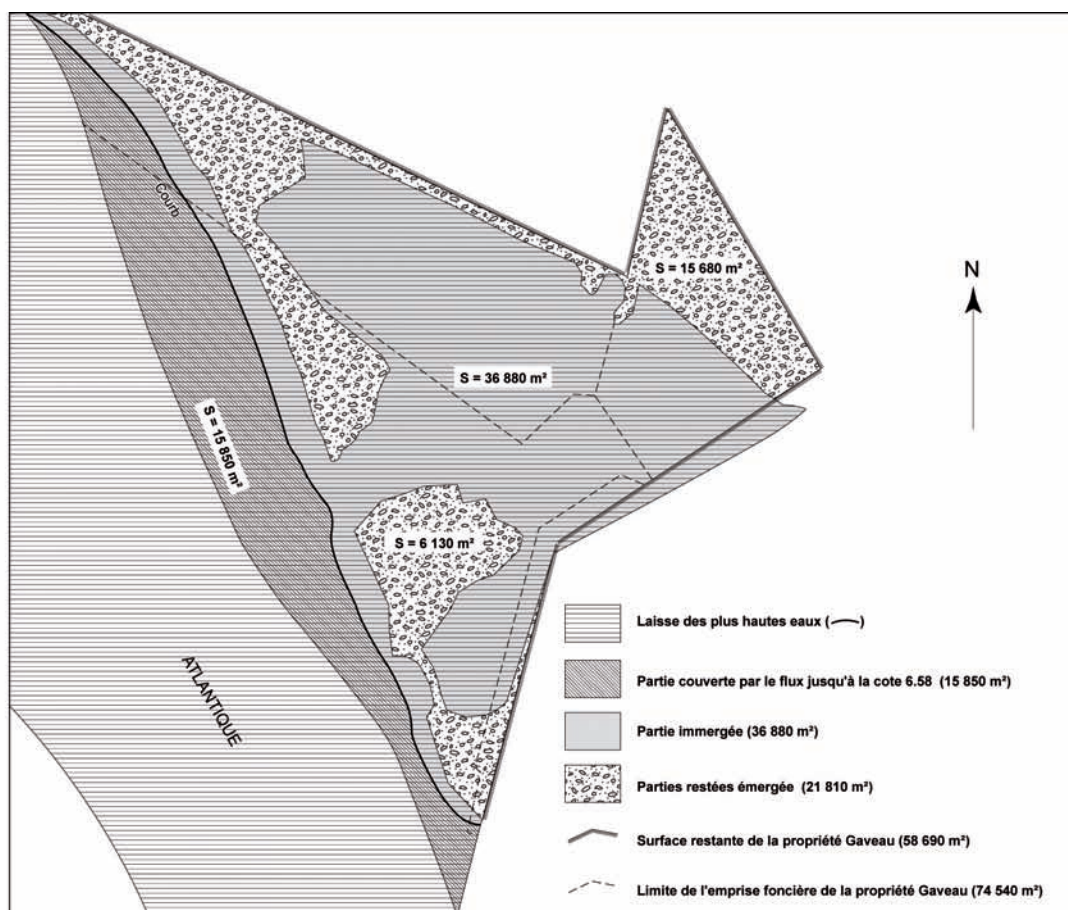


Fig. 26 a : Commune d'Yves. Constat de la limite des plus hautes eaux, au droit de la parcelle Gaveau. Délimitation du jeudi 28 septembre 2000. (d'après DDE Charente Maritime)



Fig. 26 b : Vue générale du site, prise vers le Sud, montrant le cordon littoral (1) et la lagune intérieure (2). Avril 2001.

II.2.2. Côtes basses, lagunes côtières

Des délimitations déjà réalisées ont pu être analysés en deux sites représentatifs de côtes basses en voie de colmatage: sur la côte Atlantique à Arès dans le bassin d'Arcachon et dans le Morbihan sur la commune de Le Tour du Parc. Par ailleurs, des délimitations anciennes sont matérialisées par des bornes en ciment dans certaines lagunes côtières méditerranéennes, comme par exemple dans l'étang de Bages.

A) Bassin d'Arcachon

L'ensemble du Bassin d'Arcachon a été délimité en 1968. Une grande part de son linéaire côtier est soit endigué soit enroché, ce qui limite de facto, puisque c'est le but, le débordement des plus hautes mers sur les terrains adjacents.

Néanmoins, certains secteurs de côte ne sont pas aménagés et il a été possible de faire des observations sur la commune d'Arès, au niveau d'une petite anse qui se raccordait en pente douce avec l'estran vaseux (Fig. 27).



*Fig. 27 : Limite du front végétal dunaire et laisse de mer à Arès.
(Bassin d'Arcachon)*

La faiblesse des pentes et l'absence de discontinuités visibles au premier abord semblent a priori des dispositions peu favorables à la reconnaissance de limites objectives.

En effet, le fond abrité de cette petite anse évolue en mode très calme et la végétation continentale, ici à caractère dunaire net, est constituée pour l'essentiel de petites espèces, dont beaucoup d'annuelles, qui ne supportent aucun contact avec des eaux marines. Ceci est d'autant plus net que la végétation en question est celle (en dehors des rudérales inévitables dans ces secteurs très parcourus par les piétons) de la dune fixée, c'est-à-dire celle de la 3^{ème} ceinture de végétation des dunes, la plus à l'intérieur.

Il manque en effet ici, du fait de l'exposition, les deux premières ceintures correspondant aux dunes vives dont la première (celle à Chiendent des sables) supporte des aspersions marines.

Cette disposition particulière a permis de reconnaître, au travers de la limite de répartition de petites graminées annuelles des dunes, la limite effective des incursions marines, à la manière d'une courbe de niveau.

Un examen plus attentif de la micro-topographie a permis de distinguer, sur d'assez grandes distances, une série de petites marches qui correspondaient à des stationnements privilégiés de la mer à certains niveaux. Les bornes marquant la limite du DPM avaient été justement placées sur la plus nette et plus élevée de ces marches, là où précisément la flore changeait.

De plus, le flanc Sud de cette anse a été coupé par une petite route en remblai et des bornes ont été disposées en arrière de cette route digue dans un secteur apparemment non inondable par la marée.

Deux explications sont possibles :

- la construction de la route est postérieure à la pose des bornes,
- la route est submersible à certaines marées.

Une petite zone humide subsistait dans ce qui était devenu une pinède. Effectivement, des plantes halophiles y étaient présentes. Cela pouvait signifier que les semences apportées par la marée avaient accès au site.

En conclusion, on peut dire que, dans ce type de milieux, les critères botaniques prennent le pas sur les critères géomorphologiques. C'est essentiellement parce que les rives sont à la fois très protégées et sablonneuses que la limite inférieure de répartition de la flore dunaire devient un caractère indirect (on part de la terre et non de la mer) de reconnaissance du niveau atteint par les plus hautes eaux. Le repérage des bornes et de leur environnement immédiat a permis de conclure à la pertinence de leur positionnement.

B) Le Tour du Parc (Morbihan)

Cette commune est située sur une presqu'île qui limite à l'Ouest un ensemble d'étiers arrière littoraux. La délimitation partielle effectuée le 12 Mars 2002, lors d'une marée de coefficient 111, portait sur le flanc Sud de l'étier de Caden, qui limite au Nord la commune. L'un de nous (J.E.L.) a pu assister à l'opération.

Le contexte est ici particulier en ce sens que les rives "naturelles" de ce bras de mer sont depuis longtemps, pour leur plus grande part, hors d'atteinte des flots.

En effet des endiguements successifs ont rapproché la «rive» du chenal de l'étiage. Cependant, du fait du mauvais entretien de certaines de ces digues, qui, curieusement ont été "restaurées" quelques jours avant les opérations de délimitation, la mer a pu systématiquement occuper des espaces autrefois soustraits à la submersion.

De plus et ceci indépendamment des brèches existantes, des affaissements locaux ont permis la venue des eaux dans des parcelles en situation très interne.

La difficulté vient du fait qu'une variation de moins de 20 cm fait ou ne fait pas que l'eau recouvre le sommet de la digue et donc pénètre dans le fond voisin.

Les dépôts de laisse sont alors d'un grand secours : en effet, le mode extrêmement protégé de ces lieux, l'absence de tempête le jour de la délimitation font que le plan d'eau, à l'étiage de pleine mer, n'était pas localement "déformé" de telle sorte que la valeur indicatrice des laines s'en est trouvée magnifiée, la courbe de niveau instantanée ainsi reconnue se confondant avec l'intersection d'une surface plane avec les rives (artificielles ou non).

En un lieu précis, un botaniste aurait conclu, au vu de la flore présente, à une très faible possibilité de submersion. Les piquets posés ont montré le contraire, mais ceci n'intéressait qu'une très faible surface dans un petit retrait qui se raccordait à une prairie hygrophile.

Une difficulté supplémentaire ici est que la flore des digues est largement anthropisée et que, d'autre part, l'espèce dominante, le Chiendent, possède une amplitude verticale de répartition relativement importante (du côté terrestre) car, du côté maritime, il s'agit d'un excellent indicateur de niveau des plus hautes mers. Tout comme le Chiendent des sables peut localement "descendre" sur la plage au droit de dunes, si les discontinuités topographiques sont faibles et les visites de la mer rares du fait de l'altitude relative des terrains, le Chiendent piquant, plus spécifique des bordures de marais salés et d'estuaires peut, en mode calme, occuper la partie supérieure de l'estran.

Comme dans le cas précédent, la reconnaissance du niveau des plus hautes eaux est d'autant plus valide que le site est plus protégé et, naturellement que les discontinuités entre le haut estran et la bordure continentale des rives sont bien marquées.

Dans tous les cas, des pentes fortes favorisent la lisibilité des ceintures, les facteurs physiques limitant la distribution, vers le bas, des plantes du haut schorre agissant d'autant plus efficacement.

Dans le détail, un passage graduel introduira une incertitude puisque, plus que matérialisée par une ligne, la limite des hautes eaux deviendra une surface, d'autant plus étendue que la pente sera plus faible.

C) Etang de Bages (Hérault)

Le dernier volet abordé ici se rapporte à une situation doublement particulière, le rivage interne d'un étang languedocien adossé à une mer microtidale dont il est séparé par un cordon littoral qui a déterminé son existence.

Les variations latérales de mode sont ici moins pressantes que dans le cas des mers ouvertes. On peut alors a priori penser qu'à moyenne échelle, ce lieu rentre dans la catégorie des secteurs "calmes". Une visite de terrain a confirmé ce qui a déjà été évoqué supra, à savoir que la morphologie et la nature des rives deviennent facteur de premier ordre dans ce domaine, alors que le mode et l'amplitude même des marées deviennent des facteurs subordonnés.

Une délimitation a autrefois été réalisée sur tout le pourtour de cet étang. Les limites ont été matérialisées par la pose de bornes en ciment (Planche 25), relativement proches les unes des autres et dont nous avons ici encore observé l'environnement immédiat.

Trois catégories de contact ont été reconnues : i) passage à une rive franche, rocher, perré, ii) prairies ou cultures, iii) Roselière ou zone plus généralement humide.

Comme il est prévisible, la difficulté dans la détermination d'une limite aux plus hautes eaux croît selon cet ordre dans la mesure où la rive est de moins en moins marquée.

Si le premier cas ne pose pas problème, nous ramenant au cas général, le second est plus délicat, particulièrement si les zones exploitées par l'homme viennent presque au contact et ce sans solution de continuité nette, des eaux de la lagune.

Planche 25 : Bornes DPM - Méditerranée

- Etang de Bages -



Borne DPM n°7, en lisière des Tamaris, les laisses atteignent le pied de la borne.



La vigne s'étend ici jusqu'à la limite du schorre marqué par la borne DPM.



Borne DPM n°8. Quelques plantes rudérales se développent sur la laisse à la limite exacte du DPM « officiel » (gauche de la borne).



Exemple de transition graduelle en fond d'étang, marquée ici par un liseré de Roseaux. Ce cliché illustre la difficulté à reconnaître une telle limite dans ce contexte de zone humide.

Ici encore, la végétation va servir de guide : la planche 25 montre un tel passage, où le marais salé, dominé par des Chénopodiacées ligneuses formant des buissons bas, est limité vers l'intérieur par une sorte de prairie linéaire à *Juncus maritimus*, celle-ci étant "surmontée" par un bourrelet prairial à Chiendent qui marque le début du domaine continental.

Le terrain en arrière est un ici un terrain de football, installé sur un remblai apparemment déposé sur le marais lui-même, à tel point que l'angle Sud-Est du terrain montre la présence d'Obione et autres halophytes régulièrement tondues. Ces espèces spécialisées sont présentes en plusieurs points dans des secteurs que l'on classerait ailleurs dans l'étage aérohalin ou adlittoral.

En fait, il semble que, hors causes marégraphiques, des événements météorologiques peuvent amplifier, dans des proportions assez importantes, la sphère d'influence marine directe, au-delà de ce que peut indiquer la végétation pérenne de berges. Ici encore, ce sont des halophytes annuelles qui sont les meilleurs marqueurs de ces "débordements".

Au total, la plupart des bornes posées étaient remarquablement bien positionnées. Dans d'assez nombreux cas, les laisses, si aucun obstacle ne les avait arrêtées en avant, étaient déposées au pied même de ces bornes (Planche 25).

Il faut cependant noter que, dans certains cas, la valeur indicatrice des laisses est à discuter. Le lieu décrit *supra* comprend une double ceinture de bordure de hautes herbes. C'est la plus maritime, car encore submersible qui retient, par sa taille et la densité de ses tiges les radeaux dérivant de laisse, alors qu'elles auraient pu être transportées plus haut sur la grève. Ici donc, il s'agit d'un marqueur par défaut, non positif.

Cependant, la situation décrite reste très particulière et la position des plus hautes laisses est pour nous un excellent guide, puisqu'il marque effectivement, la zone, la frange, l'espace (et non pas la ligne !) atteints par les plus hautes eaux habituelles.

Lorsque l'on compare avec le cas des cordons dunaires et des plages du littoral méditerranéen, le découplage entre les effets marée et les effets houle constitue le caractère original de ces rivages. Le long des côtes basses, le rôle morphogénétique de la houle est plus puissant que le rôle de la marée (en l'occurrence dans l'étang de Bages, le marnage ne dépasse pas 30 cm). Le cas de rives occupées par des Roselières, comme au Nord de cet étang, est encore plus délicat.

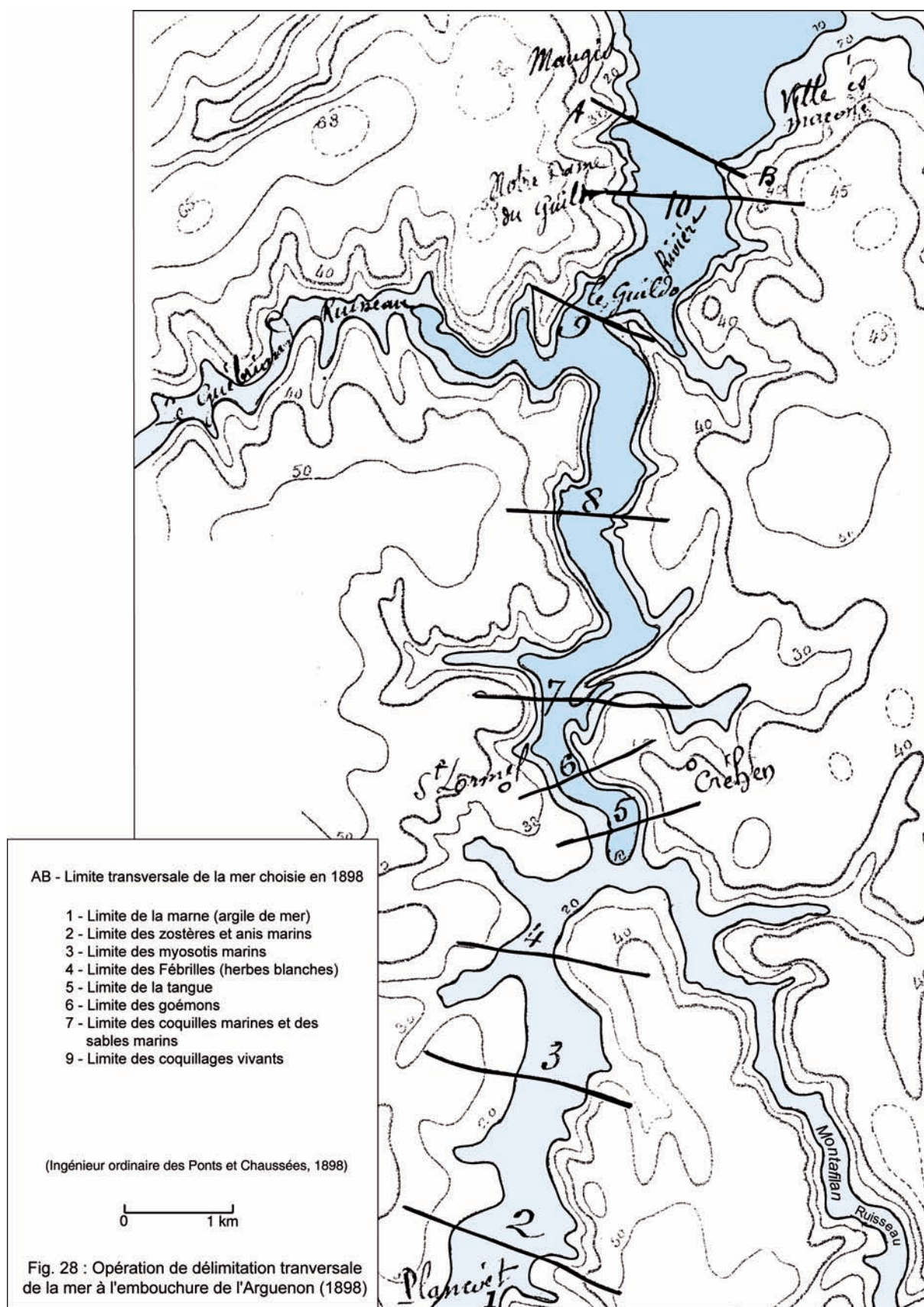
De fait, ce sont les obstacles "anthropiques" (routes, remblais) qui déterminent la limite objective du littoral. D'ailleurs, dans ces lieux, les bornes marquées "DPM" sont disposées en bordure des routes, bordures quelquefois encore occupées par des Obiones ou autres Chénopodiacées alors que des Roselières saumâtres, à *Scirpus maritimus*, masquent sur de grandes étendues la surface des eaux de l'étang.

Il est évident que la présence de ces routes, qui barrent quelquefois de très larges espaces, conduit à restreindre la superficie du DPM dans ces lagunes puisque ses limites sont définies "par défaut".

II.2.3. Estuaire

Une opération de délimitation transversale de la mer à l'embouchure de la rivière de l'Arguenon a été réalisée en 1898 par les Ponts et Chaussées, en se basant sur "le changement de profil de configuration du cours d'eau, en vue de l'établissement fictif de la continuité du rivage interrompu par la rivière".

Le décret du 4 juillet 1853 avait fixé au port de Plancoët la limite de l'inscription maritime ainsi que celle de la salure des eaux.



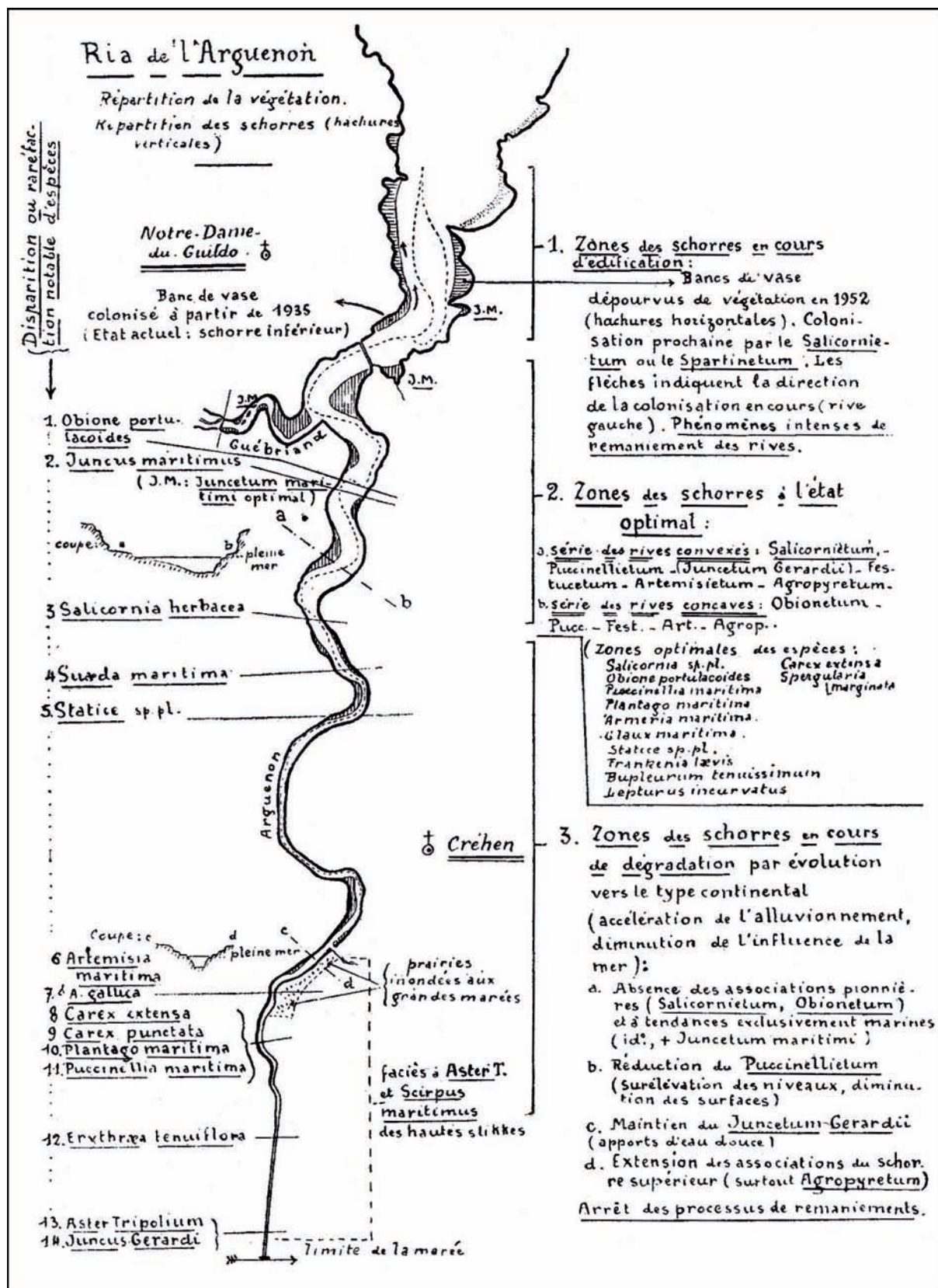


Fig. 29 : Zonation végétale dans l'estuaire de l'Arguenon (CORILLON, 1953)



Fig. 30 : Evolution longitudinale des faciès estuariens dans l'Arguenon.

Dans leur rapport, les Ingénieurs insistent sur le profil transversal de la vallée et indiquent que : *"la mer n'est pour rien dans la formation de cette vallée"*.

Ils soulignent l'influence des eaux douces, apportées par deux petits affluents de l'Arguenon (les ruisseaux de Montafilan et de Guébriand), qui auraient favorisé l'élargissement progressif de la vallée. Ils concluent que : *"Si les eaux douces de l'intérieur n'étaient pas venues ouvrir la tranchée de l'Arguenon, c'est à la ligne Maugis-Maçons (Fig.28) que s'arrêterait la mer. C'est donc cette ligne Maugis-Maçons qui semble a priori devoir être considérée comme limite transversale de la mer à l'embouchure de l'Arguenon"*.

On observait à l'époque que : *"la configuration du lit de la rivière ne change pour ainsi dire pas entre le pont de Plancoët et les Pointes de Maugis et Maçons, et à ne considérer d'abord que le criterium principal (configuration, parallélisme des rives, d'après la jurisprudence de la Cour de Cassation et du Conseil d'Etat ...), à savoir que la limite transversale de la mer à l'embouchure de l'Arguenon serait une ligne AB (Fig. 28), allant de la Pointe de Maugis (à l'Ouest) à la Pointe de la Ville-ès-Maçons (à l'Est), presque suivant un parallèle terrestre."*

L'opération de délimitation se poursuivait par un "examen de criteriums secondaires", fournis par la présence d'animaux marins vivants ou morts, des végétaux marins et des dépôts d'alluvions marines, pour constater que ces critères pourraient modifier la limite retenue précédemment (Fig.28).

En ce qui concerne le règne animal, on constatait que les coquillages marins vivants remontaient jusqu'au Guildo (profil 9), et que les coquilles pouvaient être charriées par les courants jusqu'en aval de Saint-Lormel (profil 7).

Concernant la végétation, les goémones vivants remontent jusqu'au niveau de Saint-Lormel (profil 6), les myosotis marins jusqu'à l'amont de Créhen (profil 4), les zostères et les anis marins jusqu'en aval du port de Plancoët (profil 2).

Enfin, des sables marins ont été reconnus en aval de Saint-Lormel (profil 7), et la tanguie au niveau de Créhen (profil 5). Des marnes, appelées "argile de mer", sont signalées jusqu'à Plancoët.

Dans la discussion sur ces critères secondaires, il est conclu que : *"ces nouveaux éléments d'information, outre qu'ils conduiraient à des limites toutes différentes les unes des autres, nous paraissent devoir disparaître devant le critérium du parallélisme des rives, relativement escarpées et élevées. Celui-ci nous paraît devoir prendre une importance prédominante et décisive."*

Par ailleurs, les ingénieurs remarquaient qu'il n'existait pas de différences suffisamment tranchées à un endroit de l'estuaire, comme par exemple le pont du Guildo, en ce qui concerne les 3 règnes (animal, végétal et minéral) pour que cet ensemble de caractères puisse être considéré comme constituant un véritable critérium.

En conclusion, la limite transversale de la mer a été fixée à l'époque très en aval de l'estuaire, suivant une ligne, orientée Ouest – Est allant de la pointe Maugis à la pointe de la Ville-es-Maçons, pratiquement à l'embouchure de l'Arguenon.

La zonation de la morphologie et de la végétation de l'estuaire de l'Arguenon, étudiée plus haut (Planche 21 a et b), montre le passage longitudinal progressif

de faciès typiquement estuariens où les influences marines sont encore bien marquées dans le paysage, à des secteurs amont présentant au contraire des caractères fluviaux et une empreinte de plus en plus importante des eaux douces.

Une telle zonation avait déjà été décrite par CORILLION (1953) (Fig. 29) pour le même estuaire et l'on retrouve sensiblement les mêmes associations végétales, avec une limite de remontée des eaux salées repoussée très loin en amont, jusqu'au niveau de Plancoët.

La similitude entre les descriptions des critères "naturalistes" des Ingénieurs en 1898, la répartition des espèces végétales établie en 1953 par CORILLION et les observations effectuées en 2001 (Fig. 30) montre une relative stabilité de ce milieu, ou du moins son évolution lente vers un colmatage des parties amont.

Cette convergence des différents critères souligne par ailleurs qu'ils peuvent être considérés comme représentatifs des secteurs d'un estuaire et que leur analyse est significative et indicatrice d'une limite zonale plutôt que linéaire.

A ces critères morpho-sédimentaires et botaniques reconnaissables sur le terrain peuvent s'ajouter la mise en évidence de la stratification haline des eaux ainsi que la composition des vases.

Ainsi, dans les fleuves côtiers de Bretagne Nord dont les bassins versants ne traversent pas de terrains calcaires, la composition des vases change radicalement entre les vases fluviales et les sédiments estuariens.

Par exemple, les vases du bassin maritime de la Rance (BONNOT-COURTOIS et LAFOND, 1991) ont des teneurs en calcaire, d'origine biogène, de l'ordre de 25 à 30% tandis que les sédiments de la Rance fluviale n'en contiennent pratiquement pas (moins de 1% de CaCO_3) et ce brutalement quand on franchit l'écluse du Chatelier qui marque la limite amont de remontée des eaux marines.

En conclusion, la question fondamentale est de savoir si le parallélisme des rives doit l'emporter sur les critères morpho-sédimentaires et botaniques pour la détermination de la limite transversale de la mer.

II.3. Autres approches méthodologiques

Pour pouvoir mettre en place des critères fiables de reconnaissance de la limite atteinte par les plus hautes eaux, il est nécessaire de dépasser le caractère trop ponctuel des observations pour avoir une analyse beaucoup plus large du secteur côtier concerné. La connaissance des phénomènes généraux qui déterminent l'évolution d'un littoral aussi bien dans le temps que dans l'espace, permet de réduire la marge d'erreur liée à une observation instantanée du niveau atteint par l'eau un jour donné.

Les paramètres qui peuvent être pris en compte sont d'une part l'analyse rétrospective de l'évolution des littoraux et l'analyse statistique des niveaux extrêmes et d'autre part, des observations aéroportées au cours des grandes marées ou l'utilisation d'indicateurs accidentels.

II.3.1. Etude historique de l'évolution du trait de côte

On dispose de plans cadastraux très anciens et de photographies aériennes du littoral depuis les années 1950 et même antérieurement à cette date pour certaines missions, qui permettent d'avoir un état des lieux un demi-siècle, ou plus, en arrière.

Des missions aériennes sont effectuées plus ou moins régulièrement sur l'ensemble des côtes françaises et fournissent une vision synoptique du trait de côte. Les vitesses de recul du littoral peuvent être spectaculaires et doivent faire l'objet au moins d'une estimation *pour éviter de fixer une limite instantanée du niveau des plus hautes eaux sur un trait de côte qui se déplace à moyen terme.*

Par exemple, l'étude de COSTA (1997) sur les falaises crayeuses comprises entre Antifer et la baie de Somme, montre que le recul moyen annuel atteint 0,23m/an sur la période 1939-1995 (Fig. 31a). Cette vitesse de recul n'est pas homogène sur l'ensemble du linéaire côtier normano-picard, et le secteur d'Etretat, par exemple, n'a pratiquement pas évolué depuis 300 ans.

Les disparités spatiales et temporelles sont liées à la nature même du matériel crayeux et les périodes de retour des écroulements varient d'un secteur à l'autre (Fig. 31b). "Certains secteurs sont affectés par des écroulements moins fréquents mais plus volumineux tandis que d'autres, notamment à l'aval d'obstacles naturels ou anthropiques majeurs qui perturbent le transit des galets, présentent des écroulements plus fréquents mais généralement peu volumineux" (COSTA, 1997).

Même pour des côtes à falaises, relativement résistantes, les évolutions du trait de côte doivent être préalablement analysées afin de bien replacer ces littoraux dans leur contexte morpho-dynamique et leur évolution séculaire.

La prise en compte de l'évolution du littoral est encore plus nécessaire dans le cas des côtes meubles formées de cordons littoraux de galets ou de plages sableuses surmontées de massifs dunaires.

Toujours sur la côte picarde, la flèche de galets des Bas Champs de Cayeux, longue de 16 km isole en arrière d'elle la plaine maritime des Bas Champs, située en-dessous des pleines mers de vive-eau. On observe une érosion croissante de la racine de la flèche à Ault vers le fulcrum ou point neutre situé à

Cayeux, puis, au-delà un secteur d'accumulation permettant la progression de l'extrémité de la flèche au Hourdel (COSTA, 1997) (Fig. 31 b). Le niveau atteint par les plus grandes marées dépendra directement de la dynamique du cordon de galets, la racine de la flèche, dont le stock sédimentaire est déficitaire, étant plus basse et donc plus facilement atteinte par les vagues normales que l'extrémité bien alimentée en galets par la dérive littorale.

La partie Sud de la flèche a été équipée d'une batterie d'épis mais on assiste à un déplacement de l'érosion vers le Nord jusqu'au niveau de Cayeux dont le cordon de galets recule. Dans ce milieu soumis à une dynamique sédimentaire très active, les niveaux atteints par les plus hautes mers vont être extrêmement variables et il est impossible de fixer une limite, d'autant que des brèches ouvertes dans le cordon peuvent provoquer l'inondation des Bas Champs comme cela s'est produit en 1990.

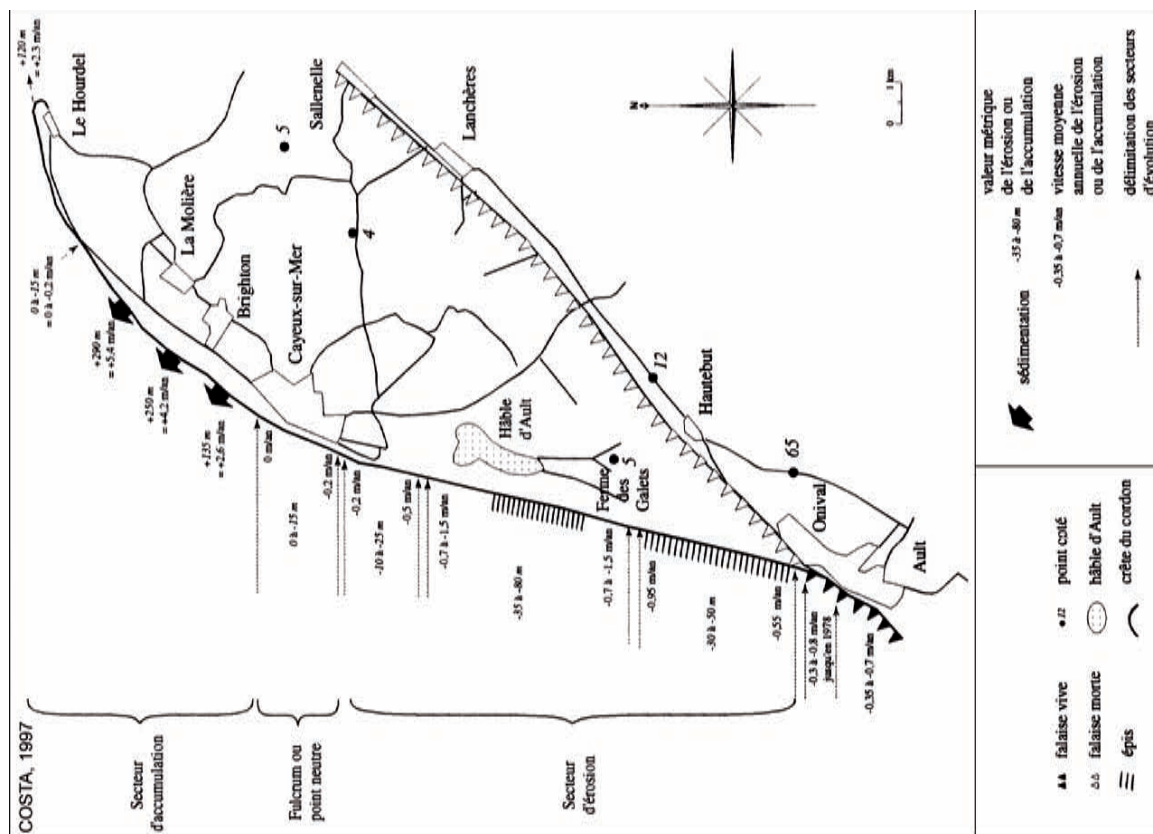


Fig. 31 b : Vitesse d'évolution de la flèche de galets des Bas-Champs de Cayeux entre 1939 et 1991, extrait de COSTA, 1997.

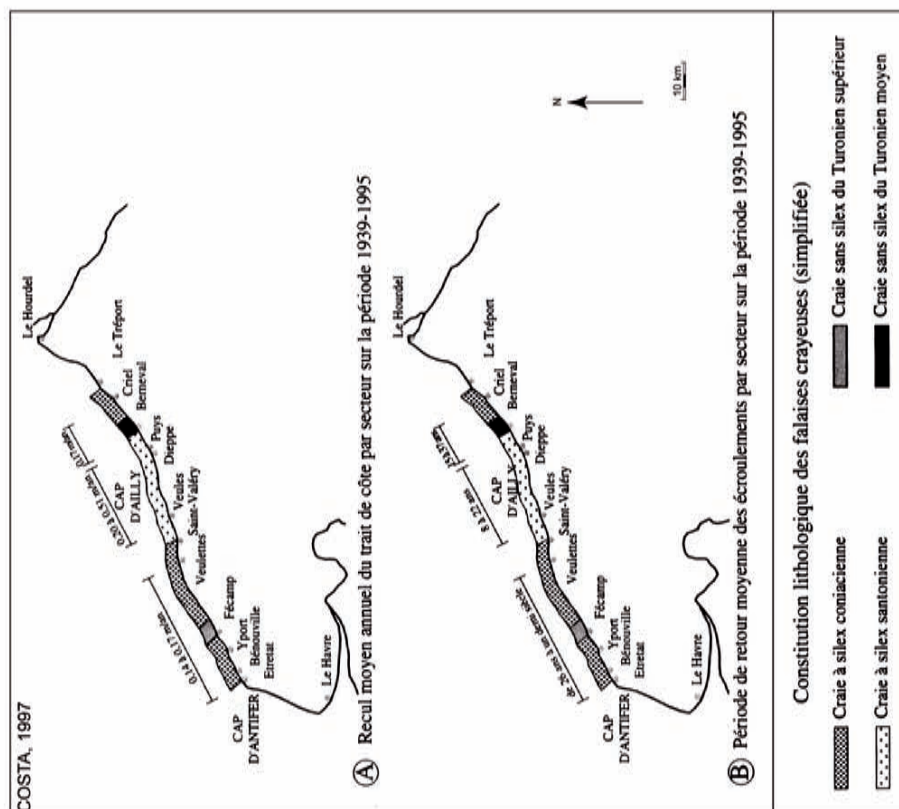


Fig. 31 a : Répartition spatiale de l'ampleur du recul et de la période de retour des écoulements, extrait de COSTA, 1997.

Les évolutions et en particulier les reculs du trait de côte sont encore plus marqués en milieu sableux où l'on dispose dans certains cas de documents remontant à plusieurs siècles.

Ainsi, le LCHF (1987) a suivi l'évolution du littoral de La Coubre depuis le XVII^{ème} siècle (Fig. 32a) et montre sur la période historique, des alternances de périodes de relative stabilité, séparées par des époques de changements plus rapides. A l'embouchure de la Gironde, la flèche sableuse subit des érosions très importantes.

Entre 1825 et 1970, les vitesses moyennes de recul du trait de côte vers l'Est varient de 16,6 m/an à 20 m/an. La flèche s'est allongée vers le Sud jusque vers 1950 où elle est devenue tangente au chenal de Gironde. "Le sémaphore et le phare de La Coubre sont au centre d'un secteur de près de 6 km de long qui, depuis 50 ans, recule en déplaçant parallèlement à lui-même au taux annuel de 18 à 20 m".

Le recul du trait de côte et les déplacements de la flèche ont des conséquences sur la baie de Bonne Anse. L'avancée de la flèche de La Coubre a provoqué un rétrécissement de la passe d'entrée de Bonne Anse et un déplacement du chenal vers la côte de la Palmyre. Ce littoral, situé au droit de l'extrémité de la flèche a reculé de près de 10m/an entre 1962 et 1972.

Il est donc nécessaire d'analyser l'évolution du trait de côte, non seulement à l'échelle locale mais également sur l'ensemble du secteur côtier dont le système sédimentaire fonctionne et évolue simultanément.

En Méditerranée, un autre exemple d'évolution très importante du trait de côte est fourni par le littoral des Saintes-Maries de la Mer (SOGREAH, 1984).

Vers l'an 40 après Jésus Christ, les Saintes-Maries étaient un port qui se trouvait à l'embouchure du bras Saint-Ferréol. La sédimentation au niveau de ce bras avait fait avancer la côte de telle sorte que le rivage se situait à 2 km environ au Sud de l'église au 9^{ème} siècle.

Au 15^{ème} siècle, les eaux du Rhône abandonnèrent ce bras mais, au 16^{ème} siècle, une nouvelle avancée du littoral eut lieu à l'Ouest, à l'embouchure du petit Rhône.

Entre 1710 et 1921, le recul de la ligne de rivage est en moyenne de 10m/an à l'embouchure du petit Rhône et de 4m/an en face du cimetière des Saintes-Maries.

La comparaison de la carte de Cassini en 1750 et des levés de 1814, 1921, 1936 et 1963 montre l'extrême variabilité de ce littoral (Fig. 32 b).

A l'Ouest, la côte a reculé sur près de 2km500 entre 1750 et 1963, tandis que, du côté Est, le recul n'est "que" de presque 800m pour la même période (Fig. 32 b).

Jusqu'en 1921, l'érosion est très marquée dans la partie Ouest du littoral des Saintes-Maries et moindre à l'Est. Depuis cette période, le recul le long du profil Ouest se serait nettement ralenti (pour tomber à environ 2 m/an) tandis qu'il se serait au contraire accéléré du côté Est (près de 5m/an).

La commune des Saintes-Maries a commencé à se protéger des attaques de la mer vers 1914, mais ceci n'empêche pas les érosions de se poursuivre à l'embouchure du petit Rhône où, sur la rive Ouest, le recul a atteint 13m/an au cours de la période 1948 – 1971.

Ces exemples d'études de l'évolution historique du trait de côte montrent bien l'extrême variabilité du littoral si l'on se place dans une analyse à long terme. Si l'évolution des côtes à falaises de roches dures cristallines est excessivement lente, à l'échelle humaine, il n'en est pas de même pour les falaises de roches sédimentaires (comme la craie par exemple) qui reculent brutalement par écroulements, à des rythmes difficilement prévisibles, mais tout à fait tangibles à court et à moyen terme.

La dynamique sédimentaire active est une caractéristique fondamentale des côtes meubles sableuses et elle est déterminante dans la position même du trait de côte.

C'est pourquoi, cette dimension historique de l'évolution du littoral, à la fois dans le temps et dans l'espace, doit nécessairement être prise en compte dans la caractérisation des côtes meubles si l'on souhaite déterminer une limite des plus hautes eaux qui n'ait pas une valeur strictement instantanée.

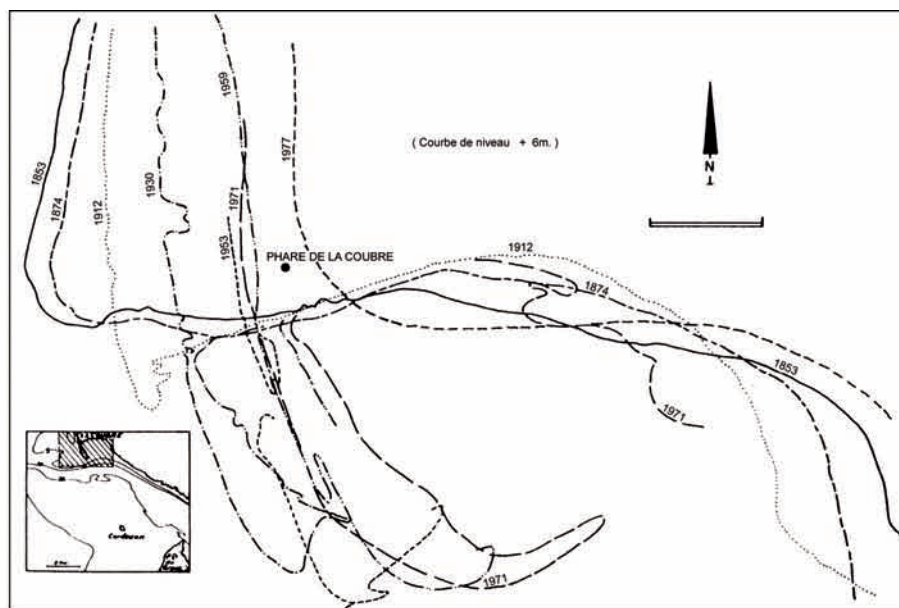


Fig. 32 a : Evolution de la pointe de la Coubre, 1853-1971. (d'après L.C.H.F., 1969)

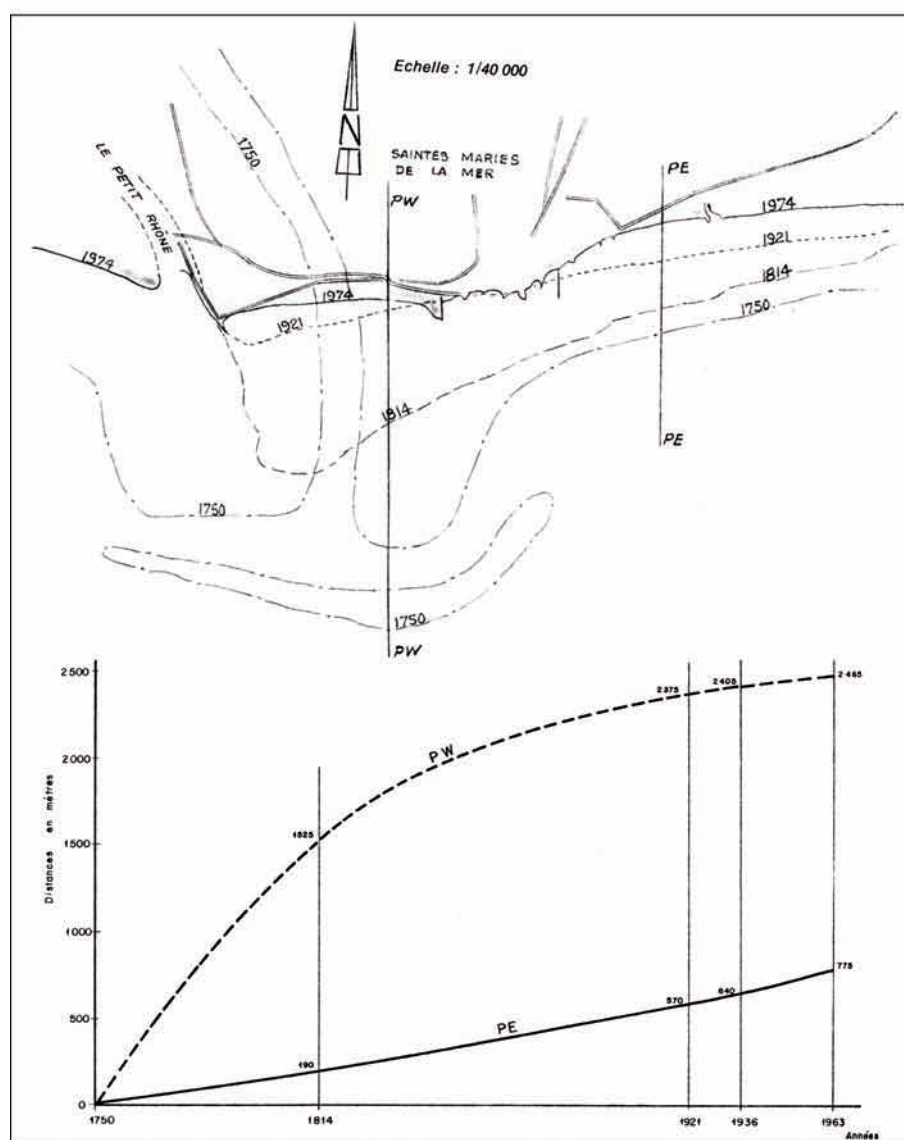


Fig. 32 b : Evolution du littoral des Saintes-Maries-de-la-Mer, d'après SOGREA, 1974.

II.3.2. Analyse statistique des niveaux extrêmes

Les études de SIMON (1996) sur l'analyse statistique des niveaux marins le long des côtes de France fournissent les probabilités d'occurrence de hauteurs d'eau extrêmes pour de nombreux ports.

La méthode repose sur la détermination des probabilités d'occurrence d'événements rares tels que les marées de vives-eaux exceptionnelles ou les surcotes importantes et la conjonction des deux phénomènes, marée d'une part, surcote d'autre part.

Lorsque la durée des observations est suffisante, comme c'est le cas pour quinze ports où l'on dispose de plus de dix années d'observations de marée, l'analyse statistique fournit des cartes de hauteurs des pleines mers pour différentes périodes de retour : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75 et 100 ans.

Des cartes montrant les lignes d'égales hauteurs atteintes par la mer avec une période de retour donnée sont ainsi disponibles pour tous les points des côtes de l'Atlantique et de la Manche où la densité d'observatoires de marée est élevée.

Dans certaines zones, des campagnes de mesures marégraphiques complémentaires sont nécessaires pour pouvoir améliorer la précision des premières estimations.

Une restriction importante à cette méthode est la nécessité de travailler dans des zones où l'amplitude de la marée astronomique est grande devant l'amplitude des surcotes, ce qui augmente la difficulté d'application de cette méthode aux côtes méditerranéennes.

Néanmoins, l'analyse statistique des niveaux extrêmes constitue une base fondamentale de détermination des niveaux réels atteints par les plus grandes marées sur l'ensemble des côtes françaises.

Plus récemment, VIOLEAU (2001) a fait une synthèse des impacts possibles de l'effet de serre sur l'environnement maritime. L'étude bibliographique présente un inventaire des conséquences du réchauffement climatique sur le littoral du point de vue de la nature du risque et des prévisions à court, moyen ou long terme.

D'après les données des marégraphes des ports du monde entier, la montée du niveau moyen de la mer est estimée à environ 1,3 mm/an depuis un siècle et les valeurs communément admises tournent aujourd'hui entre 25 et 95 cm d'augmentation pour la fin du 21^{ème} siècle.

Les événements extrêmes comme les surcotes et la houle sont alors susceptibles d'évoluer de manière significative.

Ainsi, VIOLEAU (2001) montre que les lois gouvernant les processus d'apparition des surcotes extrêmes seront modifiées.

Par exemple, la période de retour d'une surcote de 1,40 m dans l'estuaire de la Loire passerait de 100 ans (surcote centennale actuellement évaluée) à 10 ans (surcote décennale) si le niveau moyen augmentait de 30 cm.

Sur les côtes françaises, les périodes de retour des surcotes extrêmes seraient réduites d'un facteur 10.

De même, dans l'estuaire de la Loire, en cas de surélévation de 60 cm, le marnage pourrait augmenter de 30 cm à Nantes.

L'élévation du niveau de la mer aura des conséquences non seulement en termes de submersion des côtes basses (éventails deltaïques, lagunes côtières et marais maritimes), mais aussi dans les processus d'érosion des plages et de recul des falaises.

Les plages de la côte Aquitaine devraient connaître une augmentation de leur érosion (40% de sable enlevé en plus pour une surélévation du niveau de la mer de 60cm) et les falaises du pays de Caux verraient leur recul actuel (30cm/an) augmenter d'encore 10cm/an.

Cette analyse prospective des conséquences de l'élévation du niveau de la mer sur les littoraux constitue le prolongement de l'analyse rétrospective de l'évolution historique du trait de côte et, de ce fait, permet d'avoir une approche globale du fonctionnement de ces systèmes morpho-sédimentaires.

Enfin, dans certains sites, il est possible de faire une étude statistique de la répartition des forts coefficients de marée et de la distribution des vents associés au cours de ces grandes marées (BONNOT-COURTOIS et LAFOND, 1989). Une analyse des risques sur la digue de Paramé à Saint-Malo a mis en évidence les conditions marégraphiques et météorologiques susceptibles d'avoir entraîné des dommages sur l'ouvrage.

La répartition des forts coefficients de marées pendant 20 ans montre que les marées de coefficient supérieur à 90 représentent environ 18% du temps des marées (Fig. 33a) et l'analyse de la distribution des vents, sur le site, souligne que les vents forts soufflent pendant 25% du temps des grandes marées (Fig. 33b).

La conjonction de ces deux paramètres, grandes marées et force des vents, permet de cadrer l'occurrence d'événements susceptibles d'engendrer des dégâts sur le littoral et ainsi de préciser leur caractère exceptionnel ou non

Fig. 33 a : Fréquence des forts coefficients de marée

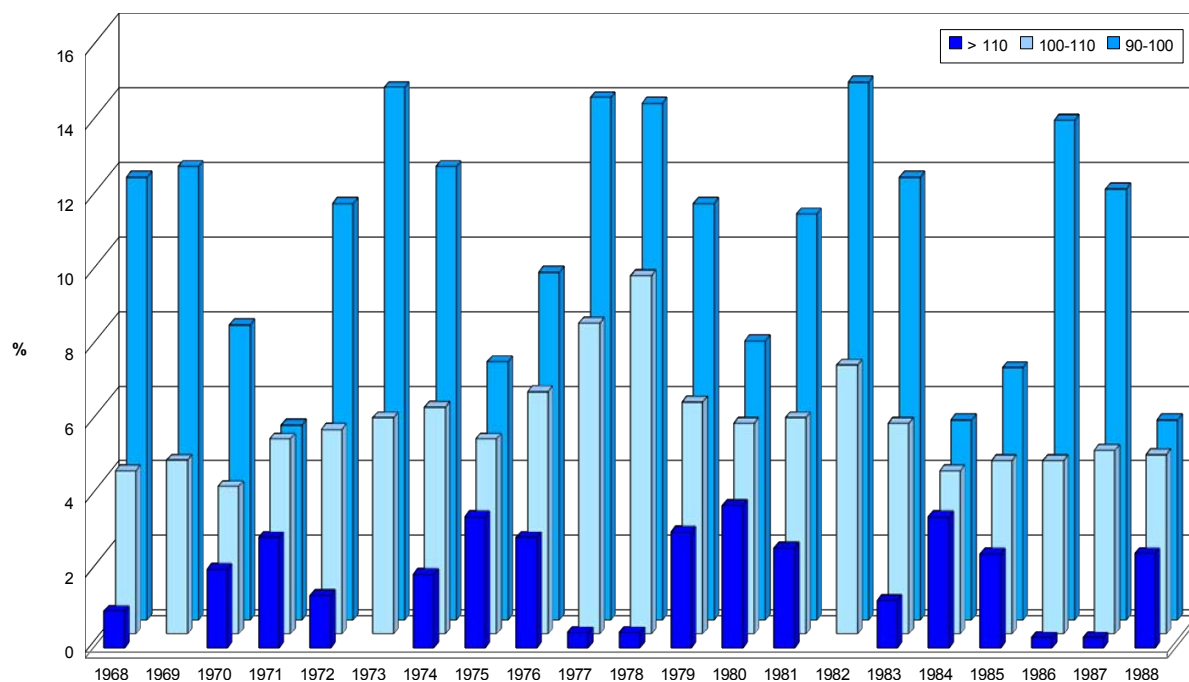
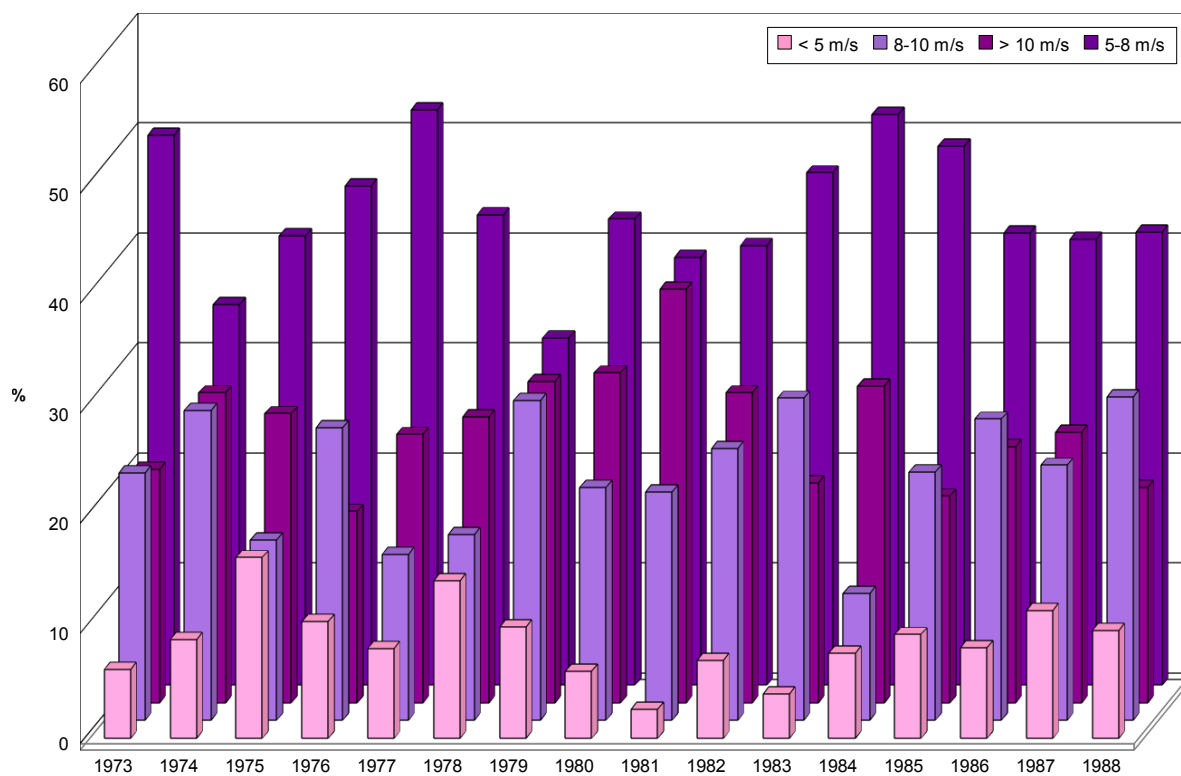


Fig. 33 b : Fréquence des vitesses de vent à Dinard pour les marées de forts coefficients



II.3.3. Apport de prises de vue aériennes

Depuis longtemps, les méthodes de la télédétection et de la photo-interprétation ont été appliquées à l'étude du littoral car elles apportent une vision globale et synoptique du trait de côte.

L'apport de ces méthodes à la reconnaissance de la frange de contact entre domaine terrestre et domaine maritime est illustré par deux exemples.

A) Photographies aériennes verticales

Les missions aériennes de l'IGN, généralement à l'échelle du 1/25 000 ou 1/30 000, fournissent des prises de vues indispensables à la cartographie des estrans. L'exemple de la pointe rocheuse du Meinga (Fig. 34) montre assez clairement diverses ceintures de l'étage supralittoral et l'influence du mode, exposé ou abrité, sur leur répartition.

En effet, le versant Ouest de la pointe, très exposé aux houles dominantes, présente un platier rocheux relativement développé en bas de la falaise et une bande noire assez large, correspond à la ceinture de lichens *Verrucaria maura*. La limite supérieure de cette frange est très variable en fonction des anfractuosités de la roche sur cette façade exposée de la Pointe du Meinga. Au contraire, le versant Est correspond à des milieux relativement abrités des houles d'Ouest et le platier rocheux en pied de falaise est beaucoup moins développé. La ceinture de lichens noirs est très bien dessinée sur ce versant et *Verrucaria maura* se concentre en une ligne étroite, très nette, correspondant au niveau des plus hautes mers. Cette dissymétrie correspond à des conditions calmes ou du moins d'agitation beaucoup plus faible que sur la façade Ouest.

Un examen attentif de cette photographie aérienne verticale permet donc déjà de cartographier la morphologie du trait de côte et certains niveaux caractéristiques de l'étage supralittoral.

B) Survol basse altitude

Après avoir reconnu, à terre, un certain nombre de critères morpho-sédimentaires et botaniques permettant de repérer la limite des plus hautes eaux, il était intéressant d'essayer de tester la méthode par un survol à basse altitude de la côte au cours de très grandes marées.

Ainsi, la côte Nord de la Bretagne a été survolée à environ 250 m d'altitude au cours des grandes marées du mois de septembre 2001.

Le coefficient maximum était de 114 et les prises de vues ont eu lieu au moment de la pleine mer, l'avion remontant d'Ouest en Est en suivant l'onde de marée, entre Bréhat et la côte Ouest du Cotentin.

Le survol a été renouvelé à la basse mer du même jour ou des jours suivants afin de savoir si l'on retrouvait bien dans les marques sur côtes rocheuses ou dans les laisses ou la morphologie des côtes sableuses les niveaux atteints par la pleine mer précédente.

Les planches 26 a, b, c, d et e illustrent les différents types de côtes survolés : falaises de roches dures et de roches meubles, flèche de galets et flèche sableuse, plages et dunes, schorre de la Baie du Mont Saint-Michel. Même dans des conditions météorologiques médiocres, les informations que l'on peut tirer de ces prises de vues basse altitude sont riches car elles donnent

une vision du niveau atteint par une marée donnée sur un très grand linéaire côtier, et ce dans des conditions marégraphiques et météorologiques parfaitement connues.

L'idéal serait sans doute de pouvoir effectuer ces survols basse altitude en hélicoptère ou en ULM pour pouvoir détailler les prises de vue.

II.3.4. Indicateur accidentel

Les traces laissées par les dépôts d'hydrocarbures en haut des grèves peuvent constituer des indicateurs, équivalents des laisses mais relativement permanents, des niveaux atteints le ou les jours suivant l'arrivée des nappes sur la côte (FATTAL et FICHAUT, comm. pers.).

De fait, c'est un indicateur à prendre avec prudence dans la mesure où une nappe de pétrole n'arrive pas sur tout un linéaire côtier au même moment et avec la même intensité, les coefficients de marée changeant dans l'intervalle.

Ces dépôts d'hydrocarbures permettent simplement de visualiser une ligne de rivage instantanée, en mettant bien en évidence les effets de mode.

Cela permet de dire qu'en de telles circonstances la mer a atteint localement tel ou tel niveau mais cet indicateur n'a pas de valeur systématique quant à la limite des plus hautes eaux, si l'on considère que cette limite doit être intégratrice dans le temps.



Cliché IGN, 1992



Fig. 34 : Photo aérienne verticale d'une falaise rocheuse et la zonation de lichens. Pointe du Meinga (35)

Planche 26 a : Survol basse altitude, coefficient 114, septembre 2001
- Côtes rocheuses -



Cap Fréhel (22)
Basse mer

Cap Fréhel (22)
Basse mer



Cap Fréhel (22)
Pleine mer

Planche 26 b : Survol basse altitude, coefficient 114, septembre 2001
- Côtes meubles -



Falaise de Head. Côte orientale de la baie de Saint Brieuc (22).



Plage de Paramé, Saint Malo (35).

Planche 26 c : Survol basse altitude, coefficient 114, septembre 2001
- Flèche de galets -



Sillon du Talbert (22)
Extrémité de la flèche de galets



Sillon du Talbert (22)
Partie centrale submersible



Sillon du Talbert (22). Racine de la flèche

Planche 26 d : Survol basse altitude, coefficient 114, septembre 2001
 - Flèche sableuse et massif dunaire -



Sable d'Or (22)
 La flèche sableuse à basse mer



Sable d'Or (22)
 La flèche sableuse à pleine mer



Plage de Vieux Bourg (22)
 Le massif dunaire, à basse mer



Plage de Vieux Bourg (22)
 Le massif dunaire, à pleine mer

Planche 26 e : Survol basse altitude, coefficient 114, septembre 2001
 Schorre et petits estuaires. Baie du Mont Saint-Michel (35)



Cherrueix



Chenal du Vivier-sur-Mer



Le Biez Jean, Saint Benoit des Ondes

Synthèse et conclusion

L'objectif de cette étude était de déterminer la faisabilité d'utilisation de critères morpho-sédimentaires et botaniques pour la reconnaissance de la limite terrestre du Domaine Maritime. L'analyse "naturaliste" de la frange supérieure du littoral se limite strictement aux dispositions de l'article L 2111-4 du code général de la propriété des personnes publiques qui dispose : "Le rivage de la mer est constitué par tout ce qu'elle couvre et découvre jusqu'où les plus hautes mers peuvent s'étendre, en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles".

Ainsi, seuls seront examinés la nature, l'occurrence et l'intérêt de critères "naturalistes" de reconnaissance de la limite des plus hautes eaux, les implications juridiques n'étant pas prises en compte dans ces recherches.

Les questions auxquelles on peut tenter de répondre sont les suivantes :

A partir de quand une perturbation météorologique peut-elle être qualifiée d'exceptionnelle ?

Quelles sont les critères potentiellement utilisables pour déterminer la limite des plus hautes eaux ?

Quel est le degré de pertinence de chacun de ces indicateurs, pris séparément ou ensemble ?

Parmi tous les indicateurs qui marquent la limite des plus hautes eaux, lesquels choisir ?

Est-il possible de comparer les limites entre domaine terrestre et domaine marin pour les différents types de côtes ?

Existe-t-il une différence fondamentale entre les mers à fortes marées et les mers sans marées en ce qui concerne les marques de reconnaissance des plus hauts niveaux ?

Quelle est la signification des limites reconnues sur le terrain à partir des indicateurs "naturalistes" par rapport aux niveaux théoriques des plus hautes eaux ?

Caractère exceptionnel d'une perturbation météorologique.

L'étude historique de l'évolution du littoral présente un intérêt fondamental pour savoir dans quel contexte dynamique et dans quelle trajectoire résultante les lieux sont susceptibles de se modifier.

Cette analyse rétrospective permet également de replacer le trait de côte dans son évolution naturelle pour relativiser sa dynamique actuelle telle qu'elle s'exprime localement.

Si la perception des variations de niveau du plan d'eau est évidente sur les côtes des mers à fortes marées, la prise de conscience de ces variations semble s'atténuer avec le marnage....

Dans les mers à fortes marées, ces variations ont été historiquement prises en compte par l'homme, au travers d'une occupation du littoral qui s'était ménagée une marge de sécurité vis-à-vis de la limite des plus hautes eaux. Il en a été différemment sur les littoraux des mers sans marées où la transition terre – mer est étroite, plus linéaire et apparemment plus stable au quotidien.

L'étude statistique des niveaux de la mer le long des côtes de France prend en compte les hauts niveaux et les surcotes marines avec diverses périodes de retour allant de 5 ans à 100 ans.

Par ailleurs, on analyse habituellement les statistiques de houles annuelles, et par extrapolation on parlera de houle décennale et centennale.

A l'échelle globale, ces méthodes constituent une appréciation des niveaux de la mer sur l'ensemble des côtes. Par ailleurs, du point de vue du géomorphologue, une tempête qui se renouvelle 3 fois par an, voire tous les 3 ans, n'a rien d'exceptionnel.

Pour les marées, le Saros est une période de référence, correspondant à un cycle de 18,6 ans, et on propose alors d'adopter le même pas de temps pour la période de retour des tempêtes exceptionnelles.

Comme pour les périodes de retour à des conditions marégraphiques équivalentes, on pourrait considérer qu'une tempête "normale" ou "ordinaire" est celle dont la fréquence d'apparition est inférieure à 20 ans, quelle que soit l'intensité de l'événement météorologique.

Les tempêtes exceptionnelles, obligatoirement les plus fortes (à partir de quel seuil de vitesse de vent va-t-on décider qu'une tempête est particulièrement forte ?), pourraient être définies comme celles dont le temps de retour est supérieur à cette période.

Cette proposition a l'avantage de fixer un seuil commun aux phénomènes marégraphiques et météorologiques.

Cependant, si on se place dans le contexte des changements climatiques, un événement qui avait autrefois un caractère exceptionnel peut devenir plus régulier, comme c'est le cas pour les inondations qui se répètent dans certains secteurs pratiquement tous les ans.

Critères potentiellement utilisables pour déterminer la limite des plus hautes eaux.

Le tableau général de synthèse présente l'ensemble des indicateurs morpho-sédimentaires et botaniques reconnus comme marqueurs de la limite des plus hautes eaux pour les principaux types de côtes du littoral français métropolitain.

S'y ajoutent une appréciation sur la qualité même de chaque critère, morphologique ou botanique, et les potentialités de leur utilisation, selon les cas.

La valeur explicative de chaque indicateur dépend de sa signification intrinsèque. On distinguera fondamentalement des indicateurs *directs* et *indirects*.

Les critères fournissant une information *directe* relèvent du constat tangible in situ de l'effet d'un processus sur le substrat minéral ou sur la couverture végétale.

Les critères *indirects* correspondent à des indicateurs opportunistes, qui varient dans le temps, mais qui n'ont pas de signification pérenne. Leur présence n'est pas obligatoire mais ils peuvent aider à une reconnaissance de la limite instantanée atteinte par la mer. Ils n'agissent pas sur la morphologie proprement dite du haut estran, mais peuvent cependant avoir une action, même fugace, sur la frange externe de la couverture végétale.

Chaque groupe d'indicateurs, directs et indirects, possède deux ordres de valeur : une valeur *instantanée* ou une valeur *intégratrice*, fonction du temps de réaction nécessaire à l'établissement du paysage local.

La valeur instantanée correspond à la réaction immédiate du terrain vis-à-vis des événements quotidiens normaux qui l'affectent naturellement.

La valeur intégratrice est représentative de l'effet moyen, sur le long terme, de toutes ces actions quotidiennes.

Quelques exemples sont donnés dans le tableau suivant :

Nature du critère	Valeur instantanée	Valeur intégratrice
Information directe	Encoche d'érosion en pied de falaise meuble ou de dune. Marquage des plus hautes eaux par piquetage lors d'une opération actuelle de délimitation	Morphologie de pied de falaise de roches dures, encoche basale sur roche dure, rupture de pente. Ceintures de lichens et/ou de cyanobactéries sur rochers.
Information indirecte	Laisses de marée de pleines mers de grande vive-eau	Végétation des substrats meubles, sableux ou vaseux. Dépôt accidentel cumulé d'hydrocarbures

Tous ces indicateurs sont présents dans le paysage, mais ceux à valeur intégratrice doivent être privilégiés. En effet, l'appréciation des critères "naturalistes" dans un lieu donné doit tenir compte de l'histoire du site et de son évolution à long terme qui ont conduit à la situation que l'on cherche maintenant à interpréter. Les indicateurs ayant une valeur instantanée peuvent naturellement venir en complément des résultats fournis par les critères à valeur intégratrice.

Synthèse des critères morpho-sédimentaires et botaniques pour tout type de côtes

Type de côtes	Exposition	Limite des plus hautes eaux Morphologie- Sédimentologie	Limite des plus hautes eaux Botanique	Qualité du critère Morpho- sédimentaire	Qualité du critère Botanique
Falaise roches dures, Type granite, roche métamorphique, grès et calcaires durs	Mode Abrisé Mode Exposé	Rupture de pente éventuelle Possible dépoli à la base en mode battu	Limite supérieure du Lichen marin noir incrustant <i>Verrucaria maura</i>	Médiocre	Excellent en mode calme, Moins précis en mode agité
Falaise roches sédimentaires, Type craie	Mode Abrisé Mode Exposé	Encoche basale, souvent dépolie, fonction de la lithologie	Partie supérieure de la ceinture gris-beige à Cyanobactéries	<u>Bonne</u>	Usage délicat car micro- organismes ; repérage ponctuel par la couleur
Falaises meubles, Type marnes, head	En érosion continentale et non marine, conduisant à un éboulement sur l'estran. ou Stable	Rupture de pente, contact brutal entre plage et pied de falaise éboulé, le talus d'éboulis prograde sur la partie haute de l'estran.	Limite inférieure de la végétation terrestre sur les éboulements. Présence d'espèces végétales vivaces sur les laisses de marée, au contact de la végétation terrestre	Variable en fonction de déblaiement des éboulis par la mer.	Médiocre si pied de falaise instable. Possibilité d'utilisation en cas de stabilité relative du talus d'éboulis.
Cordons littoraux de galets.	Mode Battu	Dernier replat sommital du cordon de galets côté terre	Présence de lichens continentaux gris ou orangés, relayés éventuellement côté terre par des plantes supérieures vivaces en cas de stabilité du cordon. Limite inférieure des lichens terrestres.	Moyenne car directement dépendante de la stabilité du cordon	Bonne si stabilisation ancienne.

Type de côtes	Exposition	Limite des plus hautes eaux Morphologie- Sédimentologie	Limite des plus hautes eaux Botanique	Qualité du critère Morpho- sédimentaire	Qualité du critère Botanique
Plages sableuses et massifs dunaires	En recul En progression. ou Stable	Absence de bourrelet de haut de plage. Profil concave. Micro-falaise d'érosion en pied de dune. Berge de haut de plage bien constituée. Profil convexe. Raccordement sans rupture de pente au pied du massif dunaire.	Aucun indice botanique pérenne sur la plage elle-même. Présence non permanente de laisses de mer, parfois colonisées par <i>Cakile maritima</i> Limite supérieure de la végétation vivace à Chiendent des sables.	Moyenne car variations saisonnières des profils de plage et de la morphologie du contact plage/dune	Médiocre en cas d'érosion. Moyenne pour les laisses de mer. Bonne pour la végétation dunaire, si prise en compte du contact entre le Chiendent et l'Oyat strictement continental qui lui succède côté terre. .
Côtes basses en sédimentation Lagunes et marais maritimes	Mode abrité	Micro-topographie du haut schorre. Laissez de marées consécutives aux grandes vives-eaux.	Partie médiane de la ceinture à Chiendent piquant.	Médiocre sauf indicateur ponctuel par le niveau des laisses	Bonne mais d'utilisation délicate
Estuaires	Parties médiane et amont	Changement morphologique des berges du fleuve : passage de banquettes de slikke vaseuse à des talus abrupts fluviaux. Limite de salinité. Limite amont des faciès sédimentaires de vases fines estuariennes de haute slikke. Eventuellement, présence de calcaire biogène marin dans les sédiments estuariens.	Pas d'indicateur unique car relais latéral de différentes espèces en fonction de la salinité. Contact entre le Chiendent et la végétation herbacée haute terrestre (Grande Fétuque, Joncs).	<u>Bonne</u> si convergence avec les autres critères	Très bonne , mais d'utilisation très délicate, en particulier vers l'amont des estuaires

S'agissant par exemple de la végétation, il est évident que l'on recherchera des groupes végétaux autres que les plantes supérieures quand on s'intéressera à des substrats durs rocheux. Les lichens serviront alors de repères là où la morphologie n'est pas significative du niveau des plus hautes eaux.

Sur les côtes sableuses en revanche, l'utilisation des lichens sera sans objet.... et l'extrême mobilité de ces milieux contrarie un repérage univoque de la limite atteinte par les plus hautes eaux, aussi bien au plan morpho-sédimentaire que botanique.

Pour les côtes basses en sédimentation, la morphologie et la micro-topographie des schorres sont trop "discrètes" pour pouvoir être utilisées d'emblée alors que la répartition des espèces végétales sera meilleure révélatrice des niveaux de submersion.

La qualité de chaque critère a été évaluée en fonction de sa pertinence d'utilisation dans chaque type de milieu et peut être résumée par le tableau simplifié ci-après.

Tableau simplifié : Qualité opérationnelle du critère.

* Médiocre ** Moyen *** Bon **** Excellent

Critère	Côte à Falaise rocheuse	Cordon de galets	Côte sableuse Massif dunaire	Côte basse en sédimentation
Morpho-sédimentaire	* à ***	** à ***	** à ***	*
Botanique	****	***	* à ***	** à ***

Dans tous les cas, on doit favoriser une approche multi-critère quand bien même un critère seul pourrait se révéler excellent.

Par exemple, les ceintures de lichens en mode exposé sont beaucoup plus larges qu'en mode calme et la précision de l'appréciation du niveau atteint par les plus hautes eaux diminue d'autant. Dans ce dernier cas, la morphologie peut alors prendre le relais.

Pour les côtes sableuses dynamiques qui évoluent saisonnièrement, la pérennité des marques n'est pas assurée et il est alors nécessaire d'essayer de trouver latéralement des équivalences de niveau, sur des points durs, qu'il s'agisse de pointes rocheuses naturelles ou d'équipements artificiels stables, là où la lecture indirecte des niveaux sera mieux assurée.

Comparaison de la limite entre domaine terrestre et domaine maritime pour les différents types de côtes selon le régime marégraphique.

La comparaison des 4 grands types de côtes : falaise rocheuse – cordon de galets – plage et dune – côte basse en sédimentation (Fig. 35) montre les équivalences de niveau des hautes mers et l'extension variable de l'étage supralittoral en fonction de la morphologie. Plus l'estran est large, plus il devient difficile de trouver des marqueurs précis de la limite des plus hautes eaux, l'interface entre le domaine terrestre et le domaine maritime devenant plus diffuse.

S'agissant des plantes supérieures, la végétation pénètre d'autant plus loin sur l'estran que le substrat vaseux devient plus stable. La végétation terrestre s'arrête au contraire

très en deçà de la limite des plus hautes eaux dans le cas des falaises rocheuses, alors que les ceintures de lichens prennent le relais. Cordons de galets et dunes présentent un stade intermédiaire où la végétation terrestre ne franchit pas en principe, sauf saisonnièrement, le niveau des plus hautes mers.

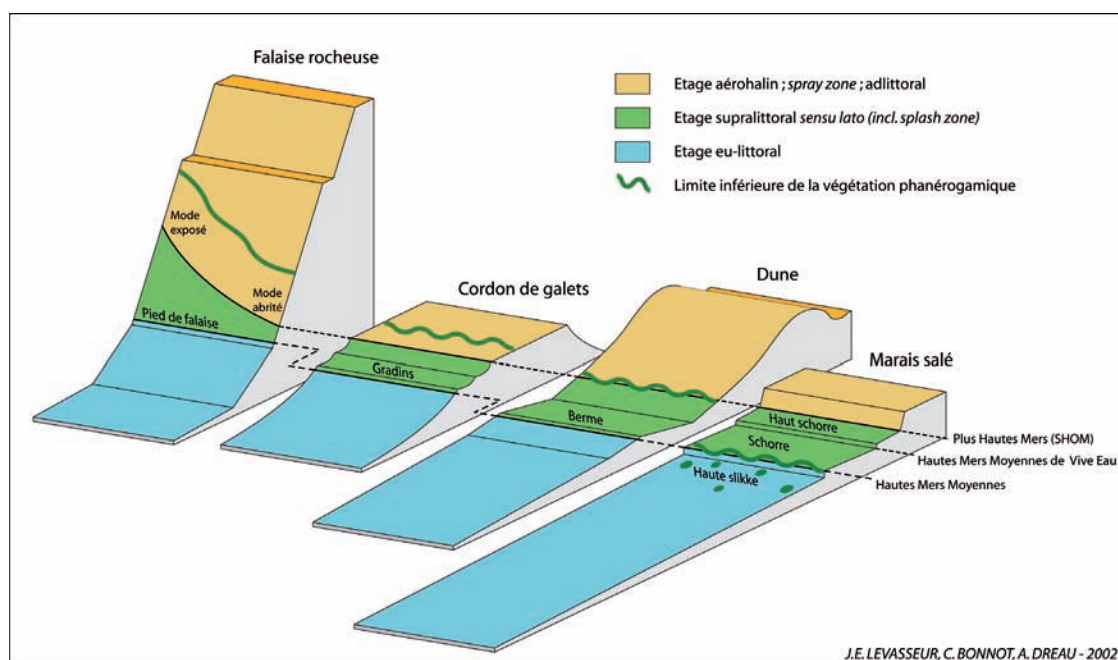


Fig. 35 : Répartition des étages littoraux selon les grands types morphologiques de côtes

Les éléments dont il faut alors absolument tenir compte sont les suivants :

- la morphologie même de la zone de transition entre domaine terrestre et domaine maritime, que le passage soit graduel ou brutal, naturel ou artificiel ;
- la nature des contigüités lithologiques ou morpho-sédimentaires (voire hydrologiques), comme par exemple l'existence de gradients longitudinaux et transversaux dans les estuaires ou les lagunes côtières ;
- le degré d'exposition des lieux (mode exposé, semi-abrité, abrité) afin de prendre en compte l'élévation relative de la limite supérieure de ceintures de végétation dans le premier cas surtout, entraînant une distorsion dans l'interprétation entre signification écologique et signification marégraphique de telles limites.

A priori, on pourrait penser qu'il existe des différences fondamentales entre les mers à marée et les mers sans marée. En effet, on peut s'attendre à ce que les différences de marnage entre les côtes de la Manche, de la façade Atlantique et les côtes méditerranéennes produisent des effets différents aussi bien sur la géomorphologie et la nature des faciès sédimentaires que sur la répartition de la végétation. Il faudrait alors envisager une autre grille de lecture pour les rivages du Midi.

En réalité, que le littoral fonctionne en régime macrotidal ou microtidal, il existe une *convergence très forte* entre les paysages morpho-sédimentaires et écologiques et leur organisation spatiale. La raison en est simple : pour les côtes rocheuses ou sableuses en contact direct avec la mer ouverte, dans les deux cas, ce sont les houles qui modèlent

les estrans et la base du domaine terrestre qui les limite et, par le fait, ces espaces sont indirectement sous contrôle météorologique et non pas exclusivement marégraphique. A l'inverse, les lagunes côtières méditerranéennes et les fonds de baie en voie de colmatage de la façade Atlantique et de la Manche sont dominés par des variations de niveau du plan d'eau qui sont presque uniquement d'ordre marégraphique.

Certaines différences doivent néanmoins être prises en compte :

Au niveau des côtes rocheuses : les ceintures de lichens ou autres micro-organismes sont moins apparentes ou semblent même parfois manquer sur les côtes méditerranéennes. Ce phénomène est d'ailleurs déjà sensible sur les falaises calcaires de la façade Atlantique.

Au niveau des côtes meubles sableuses : la différence est surtout d'ordre morphologique, alors que, pour ce qui concerne par exemple la végétation dunaire méditerranéenne, *les caractéristiques de l'interface*, à la limite des plus hautes eaux, *sont les mêmes* que sur les autres rivages, comme la présence de laisses éventuellement colonisées saisonnièrement et/ou d'un front de végétation pérenne souvent indenté. De plus, les pressions anthropiques, marquées notamment par le passage de piétons, magnifient souvent l'action intrinsèque de la houle.

De fait, à cause de la quasi-absence de marnage au Sud, le niveau des hautes mers moyennes, le plus fréquemment atteint au cours d'une année, modèle des formes (bermes) qui se tiennent quelquefois très en avant de la limite de la végétation dunaire proprement dite, allant jusqu'à générer des inversions de pente sur la plage elle-même à partir de ce point.

En d'autre terme, l'étage supralittoral commence à une plus grande distance de la ligne des plus hautes eaux en Méditerranée qu'en Atlantique (jusqu'à plusieurs centaines de mètres quelquefois) étant donné la quasi-planéité de la plage en arrière de la première berme.

Au niveau des côtes vaseuses : La distribution zonale de la végétation halophile est sous la double dépendance d'un gradient de submersion et d'un gradient de salinité qui sont capables de générer des zonations transversales et longitudinales. Les étangs du Languedoc qui conservent encore un statut lagunaire du fait de communications épisodiques directes ou occultes avec la mer, comprennent des schorres dont l'amplitude verticale est évidemment moindre qu'en Atlantique puisqu'elle dépend directement de l'importance du marnage local.

Néanmoins, l'organisation fondamentale de l'estran y est de même nature, mais la reconnaissance des ceintures de végétation se fait sur la base d'espèces pour une part vicariantes.

D'une manière analogue, les formations hygrophiles des retraits ou des zones plus éloignées des points de vivification marine hébergent des roselières saumâtres ou même d'eau douce totalement comparables à ce que l'on rencontre dans les parties amont des estuaires atlantiques ou dans les secteurs humides du haut-schorre.

Les mêmes critères sont alors utilisables et applicables sur la totalité de nos rivages, sous réserve d'adaptations mineures tenant aux spécificités locales.

Il s'agit dans ce cas de différences plus quantitatives que qualitatives et on rappellera ici que ce mémoire se place d'abord sur ce dernier plan.

Comparaison niveaux pratiques - niveaux théoriques des plus hautes eaux

Les niveaux pratiques, c'est-à-dire ceux qui seront reconnus à partir de l'association de plusieurs critères naturalistes, doivent, par définition, inclure des niveaux théoriques. Notre démarche a été de chercher à reconnaître, directement ou indirectement, si et jusqu'où la zone de transition estran - domaine terrestre portait la marque du niveau des plus hautes mers moyennes, y compris lors de tempêtes "normales".

L'intérêt des caractères que l'on propose d'utiliser réside dans leur double lecture :

- ou bien on retient, à une plus petite échelle, leur signification intégratrice, sur la durée;
- ou bien on les utilise, à grande échelle, pour leur valeur éventuelle de renseignement immédiat.

Cette dialectique doit être constante dans l'évaluation. Ce sera simplement alors un problème de pondération réciproque lié à la nature des lieux et des faits qui fera choisir une base temporelle ou spatiale comme base primaire de calage des conclusions. La prévalence de caractères morphologiques sur des caractères botaniques sera du domaine de l'adaptation locale.

L'important est de ne pas avoir une attitude dogmatique car chaque lieu reste unique et par son histoire et par son contexte actuel.

Enfin l'étage supralittoral est ici conçu comme l'étage-clef, dans une acception beaucoup plus large que celle de la plupart des auteurs. Il s'agit d'une frange, d'un espace vertical et non d'une ligne. Afin de prendre en compte la notion de risque, la limite supérieure de cet étage inclut topographiquement les niveaux atteints par les vagues des tempêtes "normales", à l'exclusion des niveaux atteints localement par des vagues de tempêtes "exceptionnelles" au sens strict.

Les conclusions tirées de la valeur indicatrice et intégratrice dans le temps des critères morpho-sédimentaires et botaniques retenus montrent effectivement que l'estran, au sens large, s'étend au-dessus et parfois très au-dessus du niveau des plus hautes mers astronomiques.

Par voie de conséquence, il en sera de même, fonctionnellement, du "domaine maritime".

Glossaire

Abiotique : se dit d'un facteur physique ou chimique de l'environnement.

Aérohalin (étage) : espace surplombant directement l'étage *supralittoral*, soumis seulement aux embruns, sans être atteint par des paquets de mer lors des tempêtes.

Berne : Replat de sable situé en haut d'une plage en engraissement. Cet escarpement domine le reste de la plage et est créé au voisinage des pleines mers de vive-eau.

Bionomique (adj.) : on parle de niveau bionomique pour désigner une ceinture de végétation caractérisée par une ou plusieurs espèces dominantes, (p. ex. sur rocher, niveau bionomique à *Verrucaria maura*) caractéristique d'un état particulier d'un gradient mésologique. (syn. Niveau, ceinture, horizon).

Chenopodiaceae : famille botanique de phanérogames réunissant des espèces très spécialisées qui croissent dans des milieux très minéralisés (sel ou azote). La plupart des halophytes et un grand nombre d'espèces nitrophiles (= rudérales) en font partie.

Cyanobactérie : autrefois rangée dans le groupe des algues bleues (= cyanophycées).

Ecosystème : ensemble structuré, composé d'une ou de plusieurs communautés végétales (biocoenoses) et de son écotope (= habitat *p.p.*).

Ecotone : zone de transition entre deux écosystèmes, deux domaines, deux communautés ; à côté d'espèces co-occurentes dans cette interface, des espèces spécifiques de cette zone peuvent être présentes et même dominantes.

Ecotope : ensemble des facteurs abiotiques qui caractérisent un milieu.

Estran : espace littoral compris entre le niveau des plus hautes mers et celui des plus basses mers. (syn. Zone intertidale ; zone découvrante).

Etagement : séquence transversale de communautés végétales.

Eu-littoral (étage) : pour de nombreux auteurs, désigne le littoral s.s., celui qui répond à la définition d'un habitat régulièrement amphibie. Sa limite supérieure correspond habituellement au niveau atteint par les hautes mers moyennes, (syn. : médiolittoral).

Halophyte : plante des milieux salés (sols ou eaux) ; adj. : halophile.

Halo-tolérante : se dit d'une espèce qui supporte une certaine quantité de sel, mais dont l'optimum se tient dans les eaux douces.

Hydrophytes : plantes de milieux aquatiques ou très humides ; adj. : hydrophile.

Hygrophytes : plantes de milieux humides ; adj. Hygrophile.

Habitat : cadre mésologique dans lequel vit un organisme, une espèce (population), un groupe d'espèces (peuplement).

Incrustant : se dit d'un lichen dont le corps végétatif est incrusté dans le substrat (rocher, écorce) sans qu'on puisse l'en détacher (p.ex. *Verrucaria maura*, *Caloplaca marina*, *Lecanora div.sp.*, mais non *Xanthoria parietina* dont le thalle est, quant à lui, détachable).

Infralittoral : domaine marin s.s. , jamais exondé, sauf exceptionnellement, dans sa partie tout à fait supérieure, lors de basses mers exceptionnelles. Bionomiquement, cette limite se caractérise par une ceinture de grandes algues brunes, p.ex. les Laminaires, (syn. : sublittoral).

Intercotidal : désigne l'estran au sens large, (syn. : intertidal, estran).

Jet de rive : nappe d'eau qui monte sur un rivage à l'occasion du déferlement.

Litus line : expression anglaise qui désigne le niveau situé un peu au-dessus des hautes mers moyennes, niveau qui fait la frontière entre deux types d'environnement contrastés, l'un tourné vers la sphère aquatique, l'autre vers la sphère terrestre. Cette ligne sépare fonctionnellement, morphologiquement, la slikke du schorre, expliquant que ce dernier est inclus, pour beaucoup, dans l'étage *supralittoral*.

Mésologique (adj.) : caractérise les facteurs non biologiques (= abiotiques).

Mixohalin (adj.) : caractérise des eaux à salinité variable (= saumâtre p.p.).

Nitrophile (adj.) : se dit d'une plante qui recherche des sols riches en azote (p. ex. les laisses de mer).

Phanérogames : plantes à fleurs réunissant deux groupes, les mono- et les dicotylédones.

Plantes vivaces : désigne des plantes supérieures qui ont de grandes capacités de développement végétatif latéral, au moyen de stolons ou de rhizomes. On les désigne souvent sous le terme de clone, (ceci venant de leur mode de développement nommé alors clonal). De nombreuses monocotylédones présentent ce caractère (Spartines, Roseaux, Scirpes, Joncs, Chiendents).

Plantes supérieures : désigne les phanérogames (dans le texte : plantes...).

Psammophile (adj.) : se dit des plantes qui vivent dans un sol sableux.

Régime de marées : Macrotidal : marnage supérieur à 4m.
Mésotidal : marnage compris entre 2 et 4 m.
Microtidal : marnage inférieur à 2 m.

Saxicole (adj.) : organisme vivant sur rocher, (lichens p. ex.).

Succession : processus double intéressant la dynamique d'une végétation. Cette notion a une base temporelle. Il existe deux types de succession : 1) *succession primaire* lorsqu'une végétation s'implante dans un lieu qui n'en possédait pas, via la colonisation de celui-ci par les plantes adaptées dites pionnières ; 2) *succession secondaire*, qui se rapporte au processus de cicatrisation, restauration d'une végétation déjà établie, qui a été soumise à une perturbation majeure (feu, épandage d'hydrocarbures, ...).

Schorre : espace d'un estran vaseux caractérisé par sa relative planéité et son couvert végétal continu. Débute en général au-dessus du niveau des hautes mers moyennes. (syn. : marais salé, pré salé, herbu, mollière, qui, en cas d'endiguement, deviennent marais maritime, polder ou bas-champ),

Slikke : partie d'un estran vaseux non végétalisée atteinte par toutes les hautes mers, hormis sa frange supérieure (haute-slikke), susceptible d'être colonisée par une végétation pionnière discontinue. S'étend vers le bas jusqu'au niveau des basses mers.

Splash Zone : zone susceptible d'être atteinte par des paquets de mer.

Spray Zone : zone des embruns.

Supralittoral : désigne la frange située immédiatement au-dessus de l'*étage médiolittoral*. Il s'étend vers le haut jusqu'à la base de l'*étage aérohalin*, en incluant donc ce que les auteurs anglo-saxons nomment la "*splash zone*", c'est-à-dire les niveaux atteints par la mer localement et épisodiquement, lors des tempêtes "normales".

Toposéquence : zonation liée à la topographie, via p. ex. la fréquence d'inondation en chaque point d'un estran.

Vicariance : phénomène biogéographique dans lequel des espèces animales ou végétales distinctes du point de vue taxonomique occupent des milieux aux caractères écologiques analogues, mais dans des régions géographiquement différentes ; adj. : vicariant.

Zonation : distribution ordonnée d'organismes végétaux ou animaux, organisés en ceintures en réponse à un gradient de l'environnement physique (submersion, salinité, instabilité du substrat,...) , quelquefois appelée aussi étagement. A la différence d'une succession qui désigne un changement dans le temps mais au même endroit, la zonation rend compte d'une variété dans l'espace, qui se constate à un moment donné. De fait, la succession conduit à des zonations dans les environnements dits physiquement déterminés, (p. ex. environnement littoral et arrière-littoral des dunes).

Zone : élément d'une *zonation*, caractérisé par un ou plusieurs organismes (i.e. peuplement ou communauté).

Références bibliographiques.

ADAM P. (1990) – Saltmarsh Ecology. Cambridge University Press éd., Cambridge, 461 p.

Agence financière de bassin « Loire-Bretagne » (1969) – Délimitation entre le domaine maritime et le domaine fluvial. Rennes, 9 p.

ALLAIN S., GUILLAUMONT B., LE VISAGE C., LOUBERSAC L., POPULUS J. (2000) – Données géographiques de référence en domaine littoral marin. Rapport SHOM – IFREMER. 159 p.

ALLEN G. P., KLINGEBIEL A. (1974) – La sédimentation estuarienne : exemple de la Gironde. Bull. Centre Rech. Pau, SNPA, 8, 263-293.

BEEFTINK W. G. (1965) – De zoutvegetatie van Z.W.-Nederland, beschouwd in Europees verband. Landbouwhogeschool Wageningen, 65-1, 1-167.

BEEFTINK W. G. (1966) – Vegetation and habitat of the salt marshes and beach plains in the south-western parts of the Netherlands. Wentia, 15, 83-108.

BEEFTINK W. G. (1977) – The coastal saltmarshes of Western and Northern Europe : an ecological and phytosociological approach. In Ecosystems of the World, 1, Wet coastal ecosystems, V J CHAPMAN éd., Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 109-155.

BONNOT-COURTOIS C., LAFOND L.-R. (1989) – La digue de Paramé. Etat actuel du site et histoire de ses dégâts. Rapport Syndicat de la digue de Paramé / Rivages / Lab. Géomorphologie EPHE, Dinard, 81 p.

BONNOT-COURTOIS C., LAFOND L.-R. (1991) – Caractérisation et comportement des vases dans l'estuaire de la Rance. Rapport EDF / Rivages / Lab. Géomorphologie EPHE, Dinard, 113 p.

BONNOT-COURTOIS C. (1992) – La digue de Paramé et la plage de Saint-Malo : sédimentologie et analyse des risques. Géologues, 97, 17-22.

BONNOT-COURTOIS C., LE RHUN J., LEVASSEUR J.-E. (1997) – Etudes complémentaires pour le modèle hydrosédimentaire des abords du Mont Saint-Michel : évolution géomorphologique des herbues entre la Chapelle Sainte-Anne et la Pointe de Roche Torin. Mission Mont Saint-Michel. DDE Manche / Lab. Géomorphologie, EPHE, Dinard, 58 p.

BONNOT-COURTOIS C., LEVASSEUR J.-E. (2000) – Contribution à la connaissance de la dynamique des herbues. Projet de rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel, Etudes en Environnement, 5. Rapport final de contrat, EPHE, Dinard / Univ. Rennes 1 / UMR PRODIG, Paris / DDE 50, 196 p.

BOURNERIAS M., POMEROL C., TURQUIER Y. (1991) – La Méditerranée de Marseille à Menton. Provence – Côte d'Azur. Guides naturalistes des côtes de France, Delachaux et Niestlé, Lausanne, 264 p.

BOURNERIAS M., POMEROL C., TURQUIER Y. (1995) – La Bretagne du Mont-Saint-Michel à la Pointe du Raz. Guides naturalistes des côtes de France, Delachaux et Niestlé, Lausanne, 268 p.

C.G.P.C. (Conseil Général des Ponts et Chaussées) (1992 a) – Rapport du Groupe de travail constitué pour l'élaboration de l'avis du Conseil Général des Ponts et Chaussées sur la proposition de loi de M.R. Marcellin tendant à définir, délimiter et protéger le domaine public maritime naturel. 98 p.

C.G.P.C. (Conseil Général des Ponts et Chaussées) (1992 b) – Domaine Public Maritime Naturel. Rapport 91-258, Ministère de l'Équipement, Paris 296 p.

CAILLEUX A. (1952) – Initiation à l'étude des sables et galets. CDU, Paris, 3 tomes, 772 p.

CHAPMAN V. J. (1974) – Salt marshes and Salt deserts of the World. Von J. Cramer ed., Lehre, 392 p. + suppl. 102 p.

CLAUSTRES G., LEMOINE C. (1980) – Connaître et reconnaître la flore et la végétation des côtes Manche-Atlantique. Ouest-France éd., Rennes, 332 p.

CLEMENTS F. E. (1916) – Plant Succession : An Analysis of the Development of Vegetation. Carnegie Institute of Washington, 242, 453 p.

CORILLION R. (1953) – Les Halipèdes du Nord de la Bretagne (Finistère, Côtes-du- Nord, Ille-et-Vilaine). Etude phytosociologique et phytogéographique. Librairie Générale de l'Enseignement, 125 p.

CORILLION R. (1971) – Notice détaillée des feuilles armoricaines. Phytogéographie et végétation du Massif armoricain. Carte de végétation de la France au 200.000ème, Centre National de la Recherche Scientifique éd., Paris, 197 p.

CORINE (1998) – Erosion côtière. Office des publications officielles des Communautés Européennes. Luxembourg. 79 p + Atlas annexe.

COSTA S. (1997) – Dynamique littorale et risques naturels : l'impact des aménagements, des variations du niveau marin et des modifications climatiques entre la baie de Seine et la Baie de Somme. Thèse Université de Paris I, 353 p.

COUX G. et LEROY R. (1994) – Un modèle graphique du droit du littoral. Mappemonde, 2, 5-8.

COULOMBIE H., REDON J.-P. (1992) – Le droit du littoral : Domaine public maritime, loi littoral, ports maritimes. ITEC, 416 p.

DAVY de VIRVILLE A. (1932) – Les zones de Lichens sur le littoral atlantique. Bulletin de la Société Mayenne-Sciences, 1931-1932, 35-66.

De BEAUCHAMP P. (1914) – Les grèves de Roscoff. L'Homme Moderne éd., Paris, 270 p.

DECROCK E. (1914) – Esquisse phytogéographique d'un coin de Provence. Encyclopédie du département des Bouches-du-Rhône, Marseille, XII.

DEN HARTOG C. (1959) – The epilithic algal communities occurring along the coasts of Netherlands. Wentia, I, 1-241.

DES ABBAYES H. N. (1931) – Observations sur les lichens marins et maritimes du Massif armoricain (Note préliminaire). Bulletin de la Société Scientifique de Bretagne, VII, 46-54.

DU RIETZ G. E. (1932) – Zur Vegetationökologie der ostswedischen Küstenfelsen. Beiheft zum Botanische Zentralblatt (Ergänzungsband), 49, 61-112.

DU RIETZ G. E. (1947) – Wellengrenzen als ökologie Äquivalent der wasserstrandlinien. Zool. Bidr. Uppsal, 25, 534-550.

DUBREUIL J.-P. (1984) – Les dunes de Bretagne, aménagement et gestion. Ministère de l'Environnement, Paris, 96 p.

DUFAU J. (1987) – Le domaine public, tome 1 : consistance, formation, disparition, limites, protection juridique, entretien. Editions du Moniteur, Paris, 324 p.

EMERY K. O. et KUHN G. G. (1982) – Sea cliffs : their processes, profiles and classification. Geol. Soc. Am. Bull., 93, 644-654.

FELDMANN J. (1937) – Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. Revue Algologique, 10, p. 1-339.

FLAHAULT C. (1901) – La Flore et la Végétation de la France. In Flore descriptive et illustrée de la France par H. COSTE, Paris, I, 1-52.

FLETCHER A. (1973) – The ecology of marine (littoral) lichens on some rocky shores of Anglesey. Lichenologist, 5, 368-400.

FRANCIS-BŒUF C. (1947) – Recherches sur le milieu fluvio-marin et les dépôts d'estuaire. Annales de l'Institut Océanographique, N.S., 223, 149-344.

GEHU J.-M. (1960) – La végétation des levées de galets du littoral français de la Manche. Bulletin de la Société Botanique du Nord de la France, 13, 141-152.

GEHU J.-M. (1979) – Etude phytocœnotique analytique et globale de l'ensemble des vases et des prés salés et saumâtres de la façade atlantique française. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, M.E.R., Convention 77-29, 514 p.

GILLNER V. (1960) – Vegetations- und standorts- untersuchungen in den strandwiesen der schwedische westküste. Acta Phytogeographica Suecica, 43, 1-198 + pl. h.t.

GODARD A. (1977) – Pays et paysages du granite. PUF, Paris, 232 p.

GRAVESEN P. (1972) – Plant communities of salt-marsh origin at Tipperne, Western Jutland. Saertry af Botanisk Tidsskrift, 64, 1-32.

GRESARC (1999) – Etude du jet de rive. Rapport CETMEF / Univ. Caen. 103 p. + annexes.

GUERIN O. (1998) – Comprendre les marées sur les côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche. Edition à compte d'auteur, Brive, 72 p.

GUILLERMIN C. (1991) – Le régime juridique des rivages de la mer dans le droit américain. Mission Interministérielle de la Mer. Convention d'étude n° 88.10.03, 48 p.

GUILCHER A. (1954) – Morphologie littorale et sous-marine. P.U.F., Paris, 216 p.

GUILCHER A. (1979) – Précis d'hydrologie marine et continentale. Masson, Paris, 344 p.

HALLEGOUËT B. (1990) – Les dunes littorales et leur aménagement. Colloque Plévenon, Conseil général des Côtes d'Armor, Saint-Brieuc, 106 p.

HOLLAND M. M., RISSER P. G. (1991) – The role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments. in Ecotones, HOLLAND MM., RISSER P.G., NAIMAN R.J. éd., Chapman et Hall, N.Y., 1-7.

HOSTIOU R. (1986) – La « loi littoral » et le domaine public maritime naturel. Revue française de droit administratif 2 (5), sept-oct. 1986.

HULME B. A. (1957) - Studies of some British species of Atriplex. Ph.D. thesis, University of Edinburgh, 85 p.

JACQUET J. (1949) – Recherches écologiques sur le littoral de la Manche. Les prés salés et la Spartine de Townsend. Les estuaires. La Tangue. Encyclopédie biogéographique et écologique, Lechevalier éd., Paris, 374 p.

JOHNSON D. W. (1919) – Shore processes and shoreline development. John Wiley & sons ed., New York, 584 p.

KING C. A. M. (1961) – Beaches and coasts. Edward Arnold Ltd., London, 403 p.

KJELLMANN F. R. (1877) – Ueber die Algenvegetation des Murmanschen Meeres an der Westküste von Nowaja-Semlja und Wajgatsch. Nova Acta Reg. Societ. Ups., III.

KYLIN H. (1918) – Svenska Västkustens algregioner. Svensk Botanik Tidskrift, 12, 65-90.

LAMOUREUX J. V. F. (1825) – Distribution géographique des productions aquatiques : hydrophytes des eaux salées. In Dictionnaire classique d'Histoire naturelle de BORY de SAINT-VINCENT, Paris, VII, 245-251.

LAMOUREUX J. V. F. (1826) – Mémoire sur la géographie des plantes marines. Annales de Sciences Naturelles, VII, 60-82.

LANG J., LUCAS G. (1968) – Petit guide pratique pour l'étude des sédiments meubles. Centre de documentation universitaire, Paris, 85 p.

L.C.H.F. (1987) – Catalogue sédimentologique des côtes françaises : côtes de la Manche et de l'Atlantique, de la Baie du Mont Saint-Michel à la frontière espagnole. Eyrolles, Paris, 559 p.

LE BRIS D. (2000) – Faisabilité d'utilisation de paramètres géomorphologiques et bio-sédimentaires comme critères de délimitation du domaine public maritime. Mém. DEA Univ. Paris VII. Lab. Géomorphologie et Environnement littoral EPHE. 140 p. + annexes.

LE MONITEUR (1996) – Carte de la géomorphologie côtière par région. N° 4839.

LEVASSEUR J. E. (1970) – Végétation hygrophile de la Palue de Tréguennec. Note préliminaire sur les étages et les séries de végétation. *Botanica Rhedonica*, A, 7, 73-106.

LEVASSEUR J. E. (1971) – Evolution d'une végétation littorale dans le centre-ouest de la Baie d'Audierne. *Botanica Rhedonica*, A, 10, 251-292.

LEWIS J. R. (1964) – The Ecology of Rocky Shores. The English Universities Press Ltd. ed., London, 323 p.

MARCELLIN R. (1985) – Proposition de loi tendant à définir, délimiter et protéger le domaine public maritime naturel. Assemblée Nationale, n° 2705, annexe au procès verbal de la séance du 23 mai 1985.

MASSART J. (1907) – Essai de Géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. *Bulletin de la Société Royale Belge*, XLIV, 59-73.

MEUR C. (1993) – Géomorphologie, protection et gestion des dunes de Bretagne septentrionale, éléments de comparaison avec d'autres régions de la Manche occidentale : Cotentin, Devon et Cornwall (R.-U.). Thèse Université de Bretagne occidentale, Brest, 353 p.

MIOSSEC. A. (1998) – Les littoraux entre nature et aménagement. Sedes, Paris, 192 p.

MORTON R. A., SPEED F. M. (1998) – Evaluation of Shorelines and Legal Boundaries Controlled by Water Levels on Sandy Beaches. *Journal of Coastal Research*, 14, 1373-1384.

NIENHUIS P. H. (1975) – Biosystematics and ecology of *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harv. (Chlorophyceae, Cladophorales), in the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Thèse Université Groningen, 240 p.

OLIVER F.W. (1915) – Some remarks on Blakeney Point, Norfolk. *Journal of Ecology*, 1, 4-15.

OTTMANN F. (1965) – Introduction à la géologie marine et littorale. Masson, Paris, 259 p.

PASKOFF R. (1993) – Les littoraux : impact des aménagements sur leur évolution. Masson, Paris, 256 p.

PENTECOST A. (1990) – Lichen and moss communities on rocky coasts. In *Ecosystems of the World ; Dry coastal ecosystems ; Polar regions and Europe*, VAN DER MAAREL E. éd., Elsevier, Amsterdam, 2A, 195-205.

PERES J.-M. (1961) – Océanographie biologique et Biologie marine. T. 1 : la vie benthique. PUF, Paris, 541 p.

PERES J.-M., PICARD A. (1961) – Manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Recueil des travaux de la Station Maritime d'Endoume, 14, 23, 5-122.

- PINOT J.-P. (1994) – Vocabulaire de géomorphologie littorale et d'aménagement littoral. Cours photocopié de DEA, 11ème approximation, Brest, 152 p., 199 fig.
- PINOT J.P. (1997) – Du système géomorphologique littoral naturel au système de gestion du littoral. Enseignement DEA Géomorphologie et aménagement des littoraux, Brest, 50 p.
- PINOT J.-P. (1998) – La gestion du littoral (tome 1: littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses ; tome 2 : littoraux tempérés : littoraux vaseux et embouchures). Institut océanographique, Paris, 759 p.
- PIRAZZOLI P. A. (1997) – Les littoraux. Université, Nathan, Paris, 191 p.
- PRITCHARD D. W. (1955) – Estuarine circulation patterns. Proc. Americ. Soc. Civ. Engin., 81, 1-11.
- PRUVOT G. (1894) – Essai sur la topographie et la constitution des fonds sous-marins de la Région de Banyuls de la plaine du Roussillon au golfe de Rosas. Archives de Zoologie expérimentale et générale, 3ème sér., II, 599-672.
- PRUVOT G. (1897) – Essai sur le fond et la faune de la Manche occidentale (côtes de Bretagne) comparés à ceux du Golfe du Lion. Archives de Zoologie expérimentale et générale, 5, 517-617 + 22 tabl., pl. XXI-XXVI.
- QUERRIEN M. (1972) – Le rivage de la mer ou la difficulté d'être légiste. Doc. Photocop. 76-86.
- RANDALL R. E. (1989) – Shingle habitats in the British Isles. Botanical Journal of the Linnean Society., 101, 3-18.
- RANDALL R. E. et SCOTT G. A. M. (1993) – Communities of sand and shingle beaches. In Ecosystems of the World, Dry coastal ecosystems, Polar Regions and Europe, VAN DEN MAAREL ed., Elsevier, Amsterdam, 2A, 263-274.
- RANWELL D. S. (1972) – Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes. Chapman and Hall ed., London, 258 p.
- REZENTHEL R. (1991) – Le droit du littoral. Doc. Dactyl. 220 p.
- RUSSELL G. (1973) – The « litus » line : a re-assessment. Oikos, 24, 158-161.
- SCICLUNA E. (1999) – Morphogenèse et action anthropique : l'évolution des estrans entre Blonville et Deauville (Basse-Normandie). Mémoire de Géographie physique, Caen, 257 p.
- SCOTT E. J. (1963) – The ecology of shingle beach plants. Journal of Ecology, 51, 517-527.
- SCOTT E. J. (1965) – The shingle succession at Dungeness. Journal of Ecology, 53, 21-31.
- SERNANDER R. (1917) – De Nordeuropeiska Hafvens Växtrereioner. Svensk Botanisk Tidskrift, 11, 72-124

SIMON B. (1994) – Statistique des niveaux marins extrêmes le long des côtes de France. Rapport d'Etudes et de Recherches, STCPMVN, ER PM 94.01, 78 p.

SIMON B. (1996) – Détermination des hauteurs d'eau extrêmes pour la délimitation du Domaine Public Maritime. Annales Hydrographiques, 20, 767, 17-43.

SJÖSTEDT L. G. (1928) – Littoral and supralittoral studies on the Scanian shores. Undersökningar över Öresund. Lunds Univ. Arsskr., N.F. 24, 1-36.

SOGREAH (1984) – Catalogue sédimentologique des côtes françaises : côtes de la Méditerranée. Eyrolles, Paris, 290 p.

STEPHENSON T. A., STEPHENSON A. (1949) – The universal features of zonation between tidemarks on rocky coasts. Journal of Ecology, 38, 289-305.

SUNAMURA T. (1992) – Geomorphology of rocky coasts. John Wiley & Sons, New-York, 301 p.

TANGUY M. (1988) – Littoral et Domaine Public Maritime. Etude de cas en Pays Bigouden. Mémoire Maîtrise, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 178 p.

TANSLEY A. G. (1935) – The British Islands and their vegetation. 4ème édit., 2 vol., Cambridge University Press ed., Cambridge, 930 p.

THOMAS Y. F. (1975) – Actions éoliennes en milieu littoral : la pointe de la Coubre. Mémoire du laboratoire de Géomorphologie E.P.H.E., Dinard, 202 p.

TURNER M. G., GARDNER R. H., O'NEILL R. V. (1991) – Potential responses of landscape boundaries to global environmental changes. In Ecotones, Chapman and Hall, New York, 52 -75.

UICN-CPEES (1998) – Actes de colloque « La conservation des rivages de l'Atlantique Nord » : «Regards d'experts», Institut Océanographique – Paris et Côte d'Opale, 13-15 mai 1998

VAILLANT L. (1873) – Remarques sur les zones littorales. Mémoires de la Société de Biologie, XXIII.

VAILLANT L. (1891) – Nouvelles études sur les zones littorales. Annales de Sciences Naturelles (Zoologie), série 7, 12, 39-50.

VERGER F. (1968) – Marais et wadden du littoral français. Biscaye Frères, Bordeaux, 541 p.

VIOLEAU D. (2001) – Analyse des impacts possibles de l'effet de serre sur l'environnement maritime. Etude statistique succincte sur le littoral français. Rapport d'étude et recherche ER PLM n°01.01, EDF LNHE, CETMEF. 28 p. et planches hors texte.

WOLFF W. J. (1973) – The estuary as an habitat. An analysis of data of soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Zoologische Verhandelingen Rijksmuseum van Natuurlijke Historie te Leiden, 126, 1-242.

Liste des illustrations (Figures et Tableaux)

PREMIERE PARTIE	pages
Fig. 1 : Géomorphologie côtière par région	28
Tab. : Répartition des types de côtes en France d'après CORINE (1998)	30
Fig. 2 : Profils comparés d'une côte à dénudation et d'une côte à falaise (PINOT, 1998)	32
Fig. 3 : Les différents types de falaises (GUILCHER, 1954)	35
Fig. 4 : Profil d'un versant littoral en roches dures (PINOT, 1998)	37
Fig. 5 : Etapes du recul d'une falaise évoluant par éboulements (PASKOFF, 1993)	39
Fig. 6 : Principaux mouvements de masse pouvant se produire sur une côte rocheuse (SUNAMURA, 1992)	40
Fig. 7 : Les différents profils de falaises (EMERY et KUHN, 1982)	41
Fig. 8 : Morphologie et végétation des côtes abritées et des côtes exposées (BOURNERIAS et al. 1995)	42
Fig. 9 : Zonation des formes de dissolution du calcaire dans différentes régions littorales (GUILCHER, 1954)	43
Fig. 10 : Les différents types de côtes sableuses (PINOT, 1998)	47
Fig. 11 : a) Profil général du système avant-côte/plage/dune littorale (CORINE, 1998)	51
b) Coupe schématique montrant les diverses zones des côtes sableuses et terminologie anglo-saxonne équivalente (SHEPARD, 1973)	51
Fig. 12 : Edification des flèches dunaires et coupe du haut de plage et de la dune (HALLEGOUET, 1990)	54
Tab. : Tendances évolutives des côtes en France d'après CORINE (1998)	55
Fig. 13 : Situation des dunes bretonnes (DUBREUIL, 1984)	58
Fig. 14 : Profil d'équilibre – type de la zone de contact plage/dune (THOMAS, 1975)	59
Fig. 15 : Préparation du recul de la dune par l'érosion de la plage (PINOT, 1998)	60
Fig. 16 : Profil dunaire dégradé (DUBREUIL, 1984)	61
Fig. 17 : Zonation théorique des espèces végétales sur le schorre (LE BRIS, 2000)	64
Fig. 18 : Schéma de la circulation estuarienne (PRITCHARD, 1955)	67
Fig. 19 : Morphologie, dynamique et faciès sédimentaires dans les systèmes estuariens (ALLEN et KLINGEBIEL, 1974)	69
Fig. 20 : Plan schématique des différents secteurs estuariens	71

Fig. 21 : Influence du mode sur la zonation des côtes rocheuses (LEWIS, 1964)	85
Fig. 22 : Mise en correspondance des schémas d'étagements littoraux selon différents auteurs	87
Fig. 23 : a) Carte de répartition des principales formations végétales des prés salés aux abords du Mont Saint-Michel	100
b) Subdivision bionomique de l'étage littoral des estrans vaseux	100
Fig. 24 : Modalités de passage entre végétations halophile et continentale en milieu estuarien.	102

DEUXIEME PARTIE

Fig. 25 : Etude de cas : l'estuaire de l'Arguenon	134
Fig. 26 : a) Plan de la délimitation effectuée sur le cordon littoral de la commune d'Yves (Charente Maritime)	146
b) Vue générale du site	146
Fig. 27 : Limite de la végétation et laisse de mer à Arès (Bassin d'Arcachon)	147
Fig. 28 : Opération de délimitation transversale de la mer à l'embouchure de l'Arguenon en 1898	154
Fig. 29 : Zonation végétale dans l'estuaire de l'Arguenon, de CORILLION (1953)	155
Fig. 30 : Variation longitudinale des faciès dans l'estuaire de l'Arguenon en 2000	156
Fig. 31 : a) Recul des falaises de craie du Pays de Caux entre Antifer et la baie de Somme (COSTA, 1997)	161
b) Evolution de la flèche de galets des Bas Champs de Cayeux entre 1939 et 1991 (COSTA, 1997)	161
Fig. 32 : a) Evolution de la pointe de la Coubre, 1853-1971 (LCHF, 1969)	164
b) Evolution du littoral des Saintes-Maries de la Mer (SOGREAH, 1974)	164
Fig. 33 : a) Fréquence des coefficients de marée entre 1968 et 1998	167
b) Fréquence des vitesses de vents à Saint-Malo pendant les grandes marées (coeff.>90)	167
Fig. 34 : Interprétation de la photographie aérienne verticale. Pointe du Meinga	170

SYNTHESE ET CONCLUSION

Tab. : Synthèse des critères morpho-sédimentaires et botaniques pour tout type de côtes	179
Fig. 35 : Répartition des étages littoraux selon les grands types morphologiques de côtes	182

Liste des illustrations (Planches et Tableaux)

PREMIERE PARTIE	pages
Planche A : Présentation générale des côtes à falaises	31
Planche B : Présentation générale des côtes meubles – cordons littoraux	46
Planche C : Présentation générale des côtes basses en sédimentation	62
Planche D : Présentation générale des côtes aménagées	73
 DEUXIEME PARTIE	
Pl. 1 : Falaise de roches dures cristallines, 3 modes, pointe du	107
Pl. 2 : Falaise de roches dures. Granite Binic	108
Pl. 3 : Falaise de roches dures: métamorphique Collioure Méditerranée, Flysch St Jean de Luz	109
Pl. 4 : Falaise de roche sédimentaire dure : Grès de Fréhel	110
Pl. 5 : Falaise de craie, Pays de Caux	111
Pl. 6 : Falaise de craie Pays de Caux	112
Pl. 7 : Falaise de calcaires durs, calanques Cassis Méditerranée	113
Pl. 8 : Détail de la zonation sur substrat dur calcaire, enrochements Sanary	114
Tab. : Synthèse des traits morphologiques et botaniques. Falaises de roches dures	115
Pl. 9 : Falaise de roches meubles : Vaches Noires, Houlgate et Head Baie de St Brieuc	116
Tab. : Synthèse des traits morphologiques et botaniques. Falaises de roches meubles	117
Pl. 10 : Cordons de galets, île de Sein	119
Pl. 11 : Plage de galets, Méditerranée, La Coudoulière	120
Pl. 12 : Cordons de galets, Baie d'Audierne	121

Pl. 13 : Plage et massif dunaire, Lessay, Côte Ouest Cotentin	122
Pl. 14 : Dune en érosion, Profil hivernal	123
Pl. 15 : Dune en progression, Profil estival	124
Pl. 16 : Cordons littoraux sableux Dune/ Végétation Trébeurden, Plestin les Grèves, l'Aber	125
Pl. 17 : Plage sableuse méditerranéenne. St Cyprien – Sainte Marie Plage	126
Tab. : Synthèse des traits morphologiques et botaniques. Cordons littoraux	127
Tab. : Synthèse des traits morphologiques et botaniques. Cordons littoraux (suite)	128
Pl. 18 : Végétation des schorres aux abords du Mont Saint-Michel	131
Pl. 19 : Schorres de fond de baie. Havre de Lessay	132
Pl. 20 : Lagunes côtières méditerranéennes	133
Pl. 21 : Estuaire de l'Arguenon	
a) Photos A, B, C	135
b) Photos D, E	136
Pl. 22 : Fond d'estuaire. Aber Ildut . La Vilaine, La Rance	137
Tab. : Synthèse des traits morphologiques et botaniques. Côtes basses en sédimentation	138
Pl. 23 : Equivalences de niveaux :	
a) pointe rocheuse/plage ; Rocher/cordon de galets	140
b) falaise rocheuse /cordon galets Méditerranée, épis/perré/plage Pyla	141
c) rocher/haut schorre, substrats durs (enrochements, perré)/schorre-haute slikke	142
Pl. 24 : Bornes DPM sur cordons littoraux sableux et dunes	144
Pl. 25 : Bornes DPM dans les schorres de l'étang de Bages	151
Pl. 26 : Survol basse altitude au cours des grandes marées.	
a) Côtes rocheuses. Fréhel	171
b) Côtes meubles. Falaise de Head. Plage de Paramé	172
c) Flèche de galet. Sillon du Talbert	173
d) Flèche sableuse et massif dunaire. Sable d'Or. Plage de Vieux Bourg	174
e) Schorre et petits estuaires. Baie du Mont Saint-Michel	175



Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales

134, rue de Beauvais - CS 60039
60280 - Margny Lès Compiègne

☎ : 03 44 92 60 00

✉ : 03 44 92 60 70

cetmef@developpement-durable.gouv.fr

Conception : CETMEF

ISSN 2119-5587

ISBN 978-2-11-129361-8

Identifiant CETMEF : C 13-03

Au 1er janvier 2014, les 8 CETE, le Certu, le Cetmef et le Sétra fusionnent pour donner naissance au Cerema :
centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

CETE : Centre d'études techniques de l'équipement

Certu : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Cetmef : Centre d'études techniques maritimes et fluviales

Sétra : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr