

Les côtes atlantiques d'Europe, évolution, aménagement, protection-Brest, France, 15-16 mai 1979
Publications du CNEOX : Actes de Colloques n° 9, pages 201 à 210

LES ESTUAIRES ET LES MARAIS MARITIMES
DANS L'ENVIRONNEMENT LITTORAL

par

H. KADIRI

Laboratoire de Géomorphologie de l'E.P.H.E., 1, rue M. Arnoux - 92120 MONTROUGE
Laboratoire de Géographie Physique-PARIS VII, 2, place Jussieu - 75005 PARIS

R E S U M E

—Les estuaires et les marais maritimes qui y sont associés sont des milieux originaux, qui jouent un rôle capital dans l'environnement littoral. Le jeu complexe et dynamique des actions, réactions et interactions entre les différents facteurs, physiques, biophysiques et biogéochimiques, qui règlent les divers processus écologiques dont ces milieux sont le siège, leur confèrent un statut particulier dans l'environnement littoral. Milieux très riches et profondément humanisés, mais fragiles, ils subissent des pressions de plus en plus intolérables. Ce complexe géographique est une véritable unité écologique, et les exploitations abusives, doivent céder devant une stratégie de développement du littoral. La protection et le maintien de ces milieux précieux, mais fragiles, nécessitent des études approfondies et intégrées, dans une perspectives de synthèse, qui, seule, peut permettre d'en prévoir l'évolution et d'en assurer l'harmonie.

A B S T R A C T

—Estuaries and related tidal marshes are specific systems which play an outstanding part in the coastal environment. Interactions between physical, biophysical and biogeochemical factors result in ecological processes typical of these water bodies. Man pressure becomes more and more intolerable on these delicate geographical complexes. Abusive exploitation must be replaced by integrated studies leading to a strategy of general marsh and estuary development.

M O T S - C L E S : Estuaire, conservation, écologie, écosystème, marais maritime, pollution, zones humides.

K E Y W O R D S : Estuary, ecology, ecosystem, pollution, preservation, salt-marshes, wetlands.

INTRODUCTION

Parmi les zones humides dont le rôle et l'importance écologiques sont considérables, les milieux estuariens et les marais côtiers qui y sont associés tiennent une place particulière. En effet, depuis des temps immémoriaux, ces zones de rencontre entre la mer et le continent ont influencé la civilisation de l'Homme. Il suffit de penser au delta du Nil, au Chatt-El-Arab à la confluence du Tigre et de l'Euphrate dans le Golfe Persique, pour voir les manifestations de l'activité de l'Homme intimement liées à ces paysages. On peut dire, qu'à quelques exceptions près, les civilisations classiques les plus illustres ont été bâties sur des estuaires.

De nos jours, l'aménagement systématique des estuaires et des marais des Pays-Bas a fait longtemps école: pour la mise en valeur agricole, le développement industriel et commercial, pour l'organisation des loisirs et du trafic international. Et l'on se souvient que les Pays-Bas ne sont que les estuaires comblés du Rhin et de la Meuse.

En outre, ces régions amphibies, qui se définissent comme des écotones, sont d'une richesse biologique remarquable. Elles sont le terrain privilégié pour l'étude des échanges et des transferts d'énergie, des processus qui règlent l'état et l'évolution des interactions des différents facteurs qui régissent l'équilibre général de l'environnement littoral, comme les facteurs biophysiques, biogéochimiques et humains.

Cet *ensemble géographique* estuaire - marais - homme auquel il faut associer la mer, représente une unité fondamentale qui souligne la complémentarité des relations existant entre les estuaires soumis aux *effets tidaux* de la mer, les secteurs limitrophes à *régime hydrologique plus ou moins contrôlé* comme les marais, d'une part, et *l'artificialisation croissante* du milieu due aux *interventions et aux empiètements de l'homme*, d'autre part. La *conséquence méthodologique* qui s'impose immédiatement, en l'occurrence, est la *nécessité absolue* d'étudier ces domaines dans leur *globalité* afin de concevoir les *stratégies d'aménagement* et de préservation les mieux adaptées au développement et à l'évolution de ces milieux réputés *riches*, mais éminemment *fragiles*.

En effet, les estuaires et les marais sont fréquemment mis à contribution. La densité humaine traditionnellement élevée, jointe à l'expansion démographique contemporaine, l'activité industrielle, le développement des activités commerciales et résidentielles, la soif de bien-être qui crée les loisirs, etc., mettent à rude épreuve ces milieux. C'est là que se concentrent certaines activités génératrices de pollutions diverses, comme la sidérurgie, la pétrochimie et le nucléaire, entre autres, puisque 40% des usines se trouvent implantées sur les estuaires, et que les complexes industriels et les centres urbains trouvent tout naturel que les marais maritimes et les estuaires soient les dépotoirs tout a fait indiqués pour leurs déchets et résidus. Ce qui met en danger de manière, parfois irréversible, ces territoires écologiques très sensibles.

Dans cette communication, nous avons voulu souligner, à partir de quelques uns des aspects les plus caractéristiques des estuaires et des marais, l'importance de ces milieux, non seulement comme sources énergétiques pour l'homme, mais aussi et surtout le rôle capital qu'ils jouent dans le maintien et l'élaboration de la richesse halieutique marine, dans les processus physico-biogéochimiques dans l'environnement littoral, et dans l'esthétique du cadre de vie nécessaire à l'équilibre de l'homme d'aujourd'hui.

Pendant longtemps, ce rôle a été ou méconnu ou ignoré puisque ce n'est qu'une fois les dommages causés qu'on s'est rendu compte que la réduction des superficies occupées par les marais et les estuaires: multiplication des assèchements et des grands travaux qui réduisent le prisme littoral, a des conséquences néfastes sur l'équilibre délicat des écosystèmes littoraux.

De même, ce n'est que récemment, et sous la pression des événements, que la communauté scientifique internationale et les gouvernements intéressés se sont penchés sur ces problèmes urgents. Il y a lieu d'espérer que l'examen et les études systémiques qui prennent en compte l'ensemble de l'environnement, dans une perspective de synthèse, pour élaborer des modèles qui doivent être la base d'une réflexion sur le jeu global des processus dont ces écosystèmes sont le siège, permettront de prévoir le sens de leurs évolutions, et par conséquent d'y agir de manière adéquate.

Enfin, les programmes et les schémas d'un développement harmonisé du littoral doivent respecter les exigences propres à ces milieux. Les conflits qui surgissent entre les différents utilisateurs ne rentrent pas dans une véritable *stratégie d'aménagements*, apte à conjurer les menaces de toutes sortes qui pèsent sur ces milieux originiaux.

1. PROBLEMES DE DEFINITION

Plusieurs définitions ont été données par différents auteurs, sans qu'aucune ne soit satisfaisante pour caractériser ces ensembles géographiques. Les classifications proposées sur lesquelles elles reposent n'intéressent, le plus souvent, que la description d'états statiques d'une communauté de milieux éminemment dynamiques.

Partant de la définition étymologique : estuaire est dérivé du latin *estuarius* provenant lui-même de *aestus* marée, chaque spécialiste qu'il soit géophysicien, océanographe, sédimentologue, ingénieur du génie civil, biologiste, ou agronome, etc., donnera une définition et une classification, en fonction de ses propres préoccupations. La difficulté de ces entreprises typologiques viennent, sans doute, de la diversité et de la superposition dynamiques de milieux où le jeu conjugué de la marée et de l'intensité du flux fluviatile interviennent sans cesse, pour en accroître, d'un point de vue écologique, la pluralité.

1.1. Le rôle du prisme littoral. Caractéristiques physiques, biophysiques et biogéochimiques.

Chaque estuaire est un cas particulier qui dépend de la géométrie du cadre géographique et de son extension à l'intérieur du continent, telle que l'influence de la marée dans le fleuve, la profondeur du front de turbidités et de plancton, qui dépendent de l'importance des eaux continentales et de leur chimisme, de la nature des sédiments transportés ou déposés et de l'importance du marnage. Tous ces facteurs interagissent et modifient les équilibres très instables qui définissent les estuaires et les marais. La complexité de leurs écosystèmes et par conséquent celle des biocoenoses qui s'y trouvent, sont donc caractéristiques.

1.1.2. Le rôle des gradients de salinité

Ces gradients représentent un des facteurs écologiques les plus puissants et les plus caractéristiques des milieux estuariens et des marais qui leur sont associés. Ils interviennent dans le cycle biologique des espèces végétales, comme les halophytes qui sont des éléments essentiels de l'écologie des marais maritimes, et de beaucoup d'autres espèces de poissons comme les catadromes qui descendent à la mer pour se reproduire, tels les Téléostéens (exemple de l'anguille), ou les anadromes comme les Salmonidés qui passent de la mer aux estuaires, des estuaires aux fleuves, puis aux torrents de montagne, pour le frai et la ponte (exemple du saumon).

1.1.3. Importance de l'hydrodynamique et des caractéristiques biophysiques et biogéochimiques dans les estuaires et les marais maritimes

Le brassage induit par la mer introduit, grâce à la réoxygénation qu'il produit à l'interface eau-sédiment et dans la masse des eaux estuariennes, une énergie supplémentaire qui permet le rajeunissement continu des écosystèmes, la transformation rapide des résidus organiques, l'intensification du métabolisme chez la flore et la faune, assure et maintient une haute productivité. Les quantités d'oxygène dissous, les demandes biochimiques en oxygène (DBO), le cycle des éléments biogènes comme l'azote, le phosphore, le carbone, le soufre, etc., la distribution de la microflore en sont tributaires.

2. INTERET ECOLOGIQUE DES ESTUAIRES ET DES MARAIS MARITIMES

Le rôle écologique des marais maritimes et des estuaires dans l'environnement littoral, et dans l'environnement marin en général, est primordial. Ils constituent, tout d'abord, un réservoir biologique irremplaçable et la productivité primaire comme le phytoplancton dans les estuaires, ou les halophytes et les diatomées dans les marais maritimes, y est la plus élevée de la biosphère. Ainsi, dans ces derniers, elle s'élève à 10-15g/m² et par an de matière végétale sèche, alors que les terres cultivées les plus riches n'en produisent que 1 à 10g et les forêts 3 à 10g seulement.

De plus, ces milieux jouent le rôle de nurserie pour les jeunes poissons et leur perturbation, par la construction de barrages et par les dragages dans les estuaires, ou l'endiguement et le comblement dans les marais, démolit la structure sur laquelle reposent les cycles de reproduction de poissons comme l'anguille ou le saumon.

Les vasières, largement utilisées par l'ostréiculture et la conchyliculture, constituent des habitats d'hivernage pour de nombreux migrateurs, et une source de nutrition pour tous les oiseaux qui vivent dans ces milieux. Ceci, grâce à l'existence d'une faune et d'une micro-faune variées et abondantes : vers, gastéropodes, petits crustacés, microorganismes, etc. Tandis que la végétation halophile des prés-salés fournit la nourriture et les abris. La création de réserves écologiques et ornithologiques en est la meilleure illustration, et montre l'importance scientifique de ces milieux.

2.1. Le rôle des marais et des estuaires dans le maintien et le renouvellement de la richesse halieutique marine.

Grâce au jeu de la marée et des courants côtiers qui remettent en suspension, puis en circulation les éléments nutritifs, les milieux estuariens et les marais, outre leur grande richesse biologique spécifique, ont un impact très important sur les cycles biologiques marins et littoraux. Le cycle de production ainsi que la quantité de plancton produit, en dépendent étroitement. Le remaniement d'éléments comme l'azote et le phosphore, libérés par les sédiments minéraux et organiques, est nécessaire au renouvellement biologique, base de la productivité marine.

En utilisant l'énergie de la marée et la circulation intense des eaux pour recycler et transporter les éléments nutritifs là où la demande en est la plus grande, ces écosystèmes fournissent aux organismes un budget supplémentaire d'énergie, nécessaire à leur métabolisme. Ces transferts d'énergie, liés à la dynamique du milieu, expliquent la plus grande fertilité de ces écosystèmes, par rapport à ceux qu'on trouve sur la terre ferme, et recevant la même quantité d'énergie.

2.2. Importance des liens trophiques estuaire - marais - mer .

En ce qui concerne les liens trophiques qui se manifestent entre les estuaires et les marais, on a constaté que la production saisonnière de matière organique agissait directement sur la quantité de zooplancton produit. Ce qui indique la rapidité avec laquelle les résidus organiques issus, soit du benthos, soit de la production végétale des marais limitrophes, sont assimilés par les chaînons supérieurs, à travers les copépodes. Les écosystèmes estuariens se révèlent comme des transformateurs d'énergie, à turnover rapide. Dans cette perspective, la survie des larves de poissons anadromiques dépend essentiellement de la production primaire assurée par les marais et de l'ouverture de ceux-ci vers l'estuaire, puis vers la mer . Dans les cas où ces conditions, qui permettent à ces écosystèmes de fonctionner sans entraves, ont été négligées, ou tout simplement ignorées, la richesse halieutique marine se trouve, parfois, définitivement compromise. Ces liens d'interdépendance ou de dépendance ont été particulièrement mis en évidence sur la Côte Est des Etats-Unis, où les divers aménage-

ments qui requièrent le comblement des marais (mise en culture, opérations immobilières diverses) ont entraîné la chute rapide des pêches sur le plateau continental adjacent. Cette influence bénéfique s'étendait jusqu'à 400km des côtes et, pour la rétablir, il a fallu démolir des ouvrages d'art très coûteux. Cet exemple qui pourrait être facilement trouvé ailleurs, souligne assez l'importance des interactions et des liens qui régissent ces ensembles géographiques : mer - estuaire - mer, dans l'environnement littoral. A la surexploitation séculaire des marais et aux pressions humaines constantes, pour des raisons économiques, sociales et militaires, s'ajoutent aujourd'hui les moyens techniques puissants, mais combien dévastateurs, dont dispose l'homme contemporain.

2.3. Rôle des estuaires et des marais maritimes dans les cycles des éléments nutritifs : cas de l'azote et du phosphore.

Les estuaires et les marais, lieu d'expansion des sédiments fluvio-marins, constituent un réservoir d'accumulation des minéraux nutritifs issus du lessivage et de l'érosion des terres continentales environnantes, des apports massifs des fleuves et rivières ainsi que du remaniement des sédiments marins. Ces transferts de matière et d'énergie sont corrélatifs à ceux qu'offrent les apports de matière organique issus de la production primaire et des bouchons vaseux, dans la majorité des estuaires et vasières associés aux marais maritimes, à l'intérieur des écosystèmes côtiers.

Sans cette rétention par les écosystèmes estuariens et leur répartition équilibrée, ces éléments seraient perdus pour le budget global d'énergie nécessaire à la vie, et iraient se perdre dans les profondeurs marines, ce qui est le cas pour le phosphore, dont le cycle ouvert ne le rend disponible qu'à l'échelle de périodes géologiques.

2.3.1. Les cycles de l'azote et du phosphore dans les écosystèmes estuariens et les marais maritimes.

La configuration géométrique de ces milieux dans le cadre géographique littoral les fait fonctionner comme des trappes à sédiments, minéraux et organiques riches en éléments nutritifs comme l'azote, le phosphore, le soufre, etc,. Les phénomènes de nitrification et de dénitrification liés à la présence d'une microflore tellurique spécialisée et à des algues comme les diatomées, sont des facteurs limitants de la production primaire. Les phénomènes d'oxydo-réduction du soufre sont aussi très importants; les bactéries sulfato-réductrices et sulfato-oxydantes comme les thiobacilles, trouvent un milieu favorable et le cycle du soufre en dépend.

Les disponibilités du phosphore sont aussi grandement favorisées par les sédiments, le brassage des eaux, et végétation halophile. En particulier, les spartines pompent le phosphore emmagasiné par les minéraux argileux grâce à la surface importante qu'ils offrent aux différents cations. Ce transfert s'opère aussi par le biais des microorganismes. Les sédiments en suspension dans les estuaires y participent aussi et les floraisons de phytoplancton dépendent étroitement de cet élément qui, quand il est en excès, entraîne l'eutrophisation du milieu.

Il faut citer dans cet aspect de recyclage du phosphore le rôle particulier joué par les moules, en ce qui concerne le phosphore dissous. Ce rôle biogéochimique de la faune et de la flore apparaît pour beaucoup d'auteurs com-

me plus important, parfois, comme transformateur d'énergie qu'en tant qu'objet de consommation directe, car ils contribuent à assurer le maintien de la stabilité et de la fertilité des milieux littoraux.

2.3.2. Rôle de la nature des sédiments et de la végétation spécialisée des estuaires et des marais maritimes.

Les caractéristiques biophysiques et biogéochimiques du substratum des marais et des estuaires interviennent de façon remarquable en liaison avec l'hydrologie, à telle enseigne qu'on a parlé de la physiologie des vases, type de sédiment qui se rencontre dans la plupart de ces milieux, et surtout dans ceux qui sont riches en matières organiques et microflores spécialisées. Ces qualités bio-sédimentologiques commandent le cycle des éléments biogènes, comme l'azote, le phosphore, le carbone, le calcium, le magnésium, ainsi que les oligo-éléments comme le manganèse, le fer et le zinc. Les échanges métaboliques entre le substrat, les plantes et l'eau interstitielle sont très importants. En particulier, la teneur en minéraux argileux à forte capacité hydrique et à forte capacité d'échange en cations échangeables, apparaissent comme l'une des sources les plus constantes en élément nutritifs comme l'azote, le phosphore et le soufre. Les recherches récentes faites outre-atlantique ont aussi montré que les marais côtiers, grâce à leur végétation spécialisée, étaient des milieux où beaucoup de métaux lourds résultant des déchets industriels comme le fer, le plomb, le cuivre, le mercure etc..., ainsi que les hydrocarbures pouvaient être résorbés à condition qu'ils ne soient pas en quantité excessive. Ce pouvoir de digestion et de filtre du couple sédiment-végétation spécialisée n'a pas encore été tout à fait éclairci, mais tout semble indiquer qu'il n'est pas négligeable, ce qui ne veut pas dire qu'on puisse abuser sans danger de cette possibilité.

Ainsi, les marais maritimes, plus que les estuaires à proprement parler ou les eaux littorales, rendent moins nocifs les déchets industriels et les eaux résiduaires grâce à leur végétation, à leur richesse en matière organique et à l'adsorption due aux minéraux argileux. Les métaux lourds, les germes pathogènes très dangereux se trouvent neutralisés par les marais, le métabolisme de la végétation halophile opère leur élimination progressive, d'où la nécessité absolue d'une protection.

4. INFLUENCE DE L'HOMME ET LES PROBLEMES DES POLLUTIONS

4.1. Effets des interventions humaines

La concentration des activités humaines, avec son cortège de pollutions, de déséquilibres géographiques et écologiques de toutes sortes, constitue une pression qui est devenue, au fil des temps, intolérable à ces milieux très sensibles. L'ignorance des mécanismes compliqués qui les régissent a déjà hypothéqué en beaucoup d'endroits l'avenir de ces régions. En effet, la nécessité de connaître de manière approfondie le milieu naturel est là plus qu'ailleurs de rigueur car toute intervention et toute introduction d'éléments nouveaux risquent de modifier l'équilibre sur une grande échelle, eu égard à leur mobilité.

4.2. Les problèmes de pollutions et autres

Les milieux estuariens et les marais maritimes sont le réceptacle privilégié des déchets industriels et des eaux résiduaires. Les déchets et décharges industriels, le système du tout à l'égout, le déversement d'hydrocarbures, l'urbanisation effrénée entraînent leur dégradation. Les quantités de cuivre, de mercure, d'hydrocarbures et de radionucléides indiquent le degré d'altération de ces écosystèmes. Quant aux déversements continus de détergents et d'autres déchets riches en composés phosphorés, ils entraînent une eutrophisation excessive qui, en exaspérant la demande en oxygène due à l'activité biologique intense, réduit la teneur en oxygène et rend le milieu asphyxiant.

D'autre part, comme nous l'avons déjà vu, la mise en culture de beaucoup de marais maritimes réduit le prisme littoral, avec toutes les conséquences biophysiques qu'entraîne cette réduction.

Les interventions de l'homme créent des crises, en détruisant l'équilibre fragile des milieux estuariens et des marais maritimes qui, subissant des pressions au-delà de leurs possibilités naturelles, réagissent dans la majorité des cas, de manière imprévisible. Cela souligne la nécessité de les surveiller de manière suivie, chose qui devient maintenant possible avec le développement de la télédétection spatiale.

L'ensemble de ces constatations démontrent la portée économique et sociale de ces domaines littoraux qui dépasse largement leur extension et leurs espaces géographiques. Milieux de haute productivité, régulateurs des processus énergétiques et biologiques dont ils constituent un des relais, réservoirs biogéniques d'un suprême intérêt pour la productivité marine bien au delà de leurs domaines propres, les marais et les estuaires apparaissent comme indispensables au maintien de la vie et de la richesse marines nécessaires aux besoins d'une humanité confrontée à des limites de croissance économique engendrées, paradoxalement, par sa propre expansion.

CONCLUSION

La situation des écosystèmes estuariens et des marais maritimes qui y sont associés, telle que nous l'avons présentée, se veut synthétique. Elle privilégie, par le fait même de l'ampleur du sujet, certains aspects caractéristiques et les rôles multiples et complexes qu'ils jouent dans l'environnement littoral et dans la richesse des nations. Ces milieux hautement humanisés et que nous connaissons très mal ne peuvent se comprendre sans faire référence à l'histoire des hommes qui, depuis l'émergence de la civilisation telle que nous la connaissons, ont modelé ces milieux au gré des vicissitudes politiques, économiques et sociales. En particulier, les marais littoraux, longtemps réputés "*sauvages*", ont été abordés en *termes de conquête*. Ils s'avèrent aujourd'hui comme indispensables au maintien de l'équilibre biologique des estuaires et de la mer. La tactique qui

consistait, jusqu'à présent, à les assécher et à les drainer systématiquement, ne se justifie plus, économiquement parlant, mais peut représenter, par contre, une catastrophe écologique dont résulterait un appauvrissement général, tant au point de vue économique que biologique, social et culturel. Plus que jamais, une stratégie de développement des estuaires et des marais côtiers est nécessaire pour ces milieux très vulnérables. Il s'agit de les rendre à leur vocation originelle, en tant que facteurs écologiques déterminant la richesse halieutique du plateau continental adjacent, et en tant que stabilisateur du milieu littoral.

Cramponné comme il est à certains modèles de développement liés à des modèles de société dépassés, l'homme a du mal à se débarrasser d'un système suranné d'*exploitation* qui détruit le milieu, et à adopter, conjointement, une *Stratégie de développement* du littoral conforme à la géographie et à l'aspiration des hommes qu'il porte.

Mais peut-être faudra-t-il une concertation plus grande entre les diverses disciplines qui s'occupent de systèmes qui, nonobstant leur multiplicité et leur complexité, ne forment, fondamentalement, qu'un *ensemble géographique* unique.

Autrement dit, il faudrait voir les choses en hommes d'estuaires et de marais, c'est-à-dire, en *hommes de synthèse*. Et c'est là, à notre sens, un vaste champ d'études ouvert à la géographie, à l'écologie, à la biologie, à l'économie et à la culture.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

DAJOZ R. - 1975- Précis d'Ecologie- Dunod, édit., 549p.

KADIRI H. -1979- Géomorphogénèse et Pédogénèse des polders littoraux vendéens- Mémoire n°19, du laboratoire de Géomorphologie de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (Sciences de la Vie et de la Terre), sous presse.

KUENZLER, E.J. -1961- Phosphorus budget of a mussel population. Limnol. and Oceanogr., n°6, pp. 400-415.

ODUM E.P. -1971- Fundamentals of Ecology, 3rd edit., Philadelphia-Saunders.

ODUM E.P. -1976- Ecologie -trad. franç. -Doin (Paris)et HRW (Montréal), 254p.

OFFICER Ch.B. -1976- Physical Oceanography of Estuaries- Oceanus, p. 2-9.

RYTHER J.H. and DUNSTAN W.M. - 1971- Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. Science, 171, p.1008.

VALIELA I., VINCE S. and TEAL J.M. -1976- Assimilation of Sewage by Wetlands. In Estuarine Processes, edit. by M. Wiley, Academic Press, New-york- 2 volumes, pp. 234-253.

VERGER F. -1968- Marais et Wadden du littoral français -Biscaye Frères (Bordeaux) Impr., 541p.