

# Enjeux et limites de la gestion environnementale d'un marais lagunaire d'Europe méridionale : la ria Formosa, Algarve, Portugal

NACIMA BARON-YELLÈS

Université Marne-la-Vallée – UMR 8586 CNRS (PRODIG)

FRÉDÉRIC BERTRAND, LYDIE GOELDNER-GIANELLA

Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne – UMR 8586 CNRS (PRODIG)

STÉPHANE COSTA, ROBERT DAVIDSON

Université de Caen – LETG

GILLES ARNAUD-FASSETTA, GÉRARD BELTRANDO

Université Paris 7 – Denis Diderot – UMR 8586 CNRS (PRODIG)

**RÉSUMÉ.** — La ria Formosa (Algarve oriental) abrite un ensemble de marais salés et saumâtres de près de 200 km<sup>2</sup> à l'équilibre morphodynamique hautement instable. Protégées par une chaîne d'îles-barrières, la lagune et ses rives sont inscrites dans un parc naturel dont le territoire connaît de profondes mutations : urbanisation conquérante d'une métropole régionale, mutation des usages des marais endigués (saliculture, pisciculture) et des marais cultivés, pression touristique. Dans ce contexte, l'article détaille les premiers résultats d'un programme de recherche qui regroupe des géographes appartenant à différentes branches disciplinaires (climatologie, géomorphologie, biogéographie, géographie humaine et économique). L'objectif est de montrer, compte tenu des conditions particulières de mise en place d'un territoire protégé sur le littoral d'Algarve, l'intérêt d'un protocole d'étude environnementale croisant les approches « physiques » et « humaines »

du milieu et articulant à différentes échelles un diagnostic général et des analyses détaillées de secteurs particulièrement instables, à travers une réalisation cartographique adaptée.

ENVIRONNEMENT, LAGUNE, MARAIS, PARC NATUREL, PORTUGAL

**ABSTRACT.** — *Issues and limits of the environmental management of a lagoon marsh in southern Europe: the Ria Formosa, Algarve, Portugal.* — The Ria Formosa (eastern Algarve) comprises salt and brackish marshes covering an area of almost 200 km<sup>2</sup> with a highly unstable morphodynamic balance. Protected by a chain of barrier islands, the lagoon and its shores are located inside a nature reserve, whose territory is undergoing substantial change: encroaching urbanisation from a regional metropolis, changing use of embanked marshes (salt farming, fish farming) and cultivated marshes, and

pressure from tourism. In this context, this paper sets out the first results of a research programme involving geographers from different disciplines (climatology, geomorphology, biogeography, human and economic geography). Given the specific conditions of a protected territory on the Algarve coast, it aims to highlight the value of an environmental study protocol comparing "physical" and "human" approaches to the environment and linking, on different scales, a general analysis and detailed studies of particularly unstable sectors, using appropriate mapping techniques.

ENVIRONNEMENT, LAGOON, MARSH, NATURE RESERVE, PORTUGAL

**RESUMO.** — *Desafios e limites da gestão ambiental de uma lagoa pantanosa da Europa meridional: a ria Formosa, Algarve, Portugal.* — A ria Formosa (Algarve oriental), de aproximadamente 200 km<sup>2</sup>, abriga um conjunto de pântanos salobres cujo equilíbrio morfodinâmico é altamente instável. Protegidos por uma cadeia de

ilhas-barreiras, a lagoa e suas margens constituem um parque cujo território conhece profundas mutações: urbanização conquistadora por parte de uma metrópole regional, mutação dos usos dos pântanos cercados de diques (salicultura, piscicultura) e dos pântanos cultivados, pressão turística. Neste contexto, o artigo detalha, por meio de uma realização cartográfica adaptada, os primeiros resultados de um programa de pesquisa que reúne geógrafos de várias especialidades (climatologia, geomorfologia, biogeografia, geografia humana e econômica). Levando em conta as condições especiais da implementação de um território protegido no litoral do Algarve, o objetivo é de mostrar o valor de um protocolo de estudo ambiental que cruze as visões « físicas » e « humanas » do meio ambiente e que articule, em diferentes escalas, um diagnóstico geral e análises detalhadas de setores especialmente sensíveis.

LAGOA, MEIO AMBIENTE, PANTANO, PARQUE, PORTUGAL

### Introduction

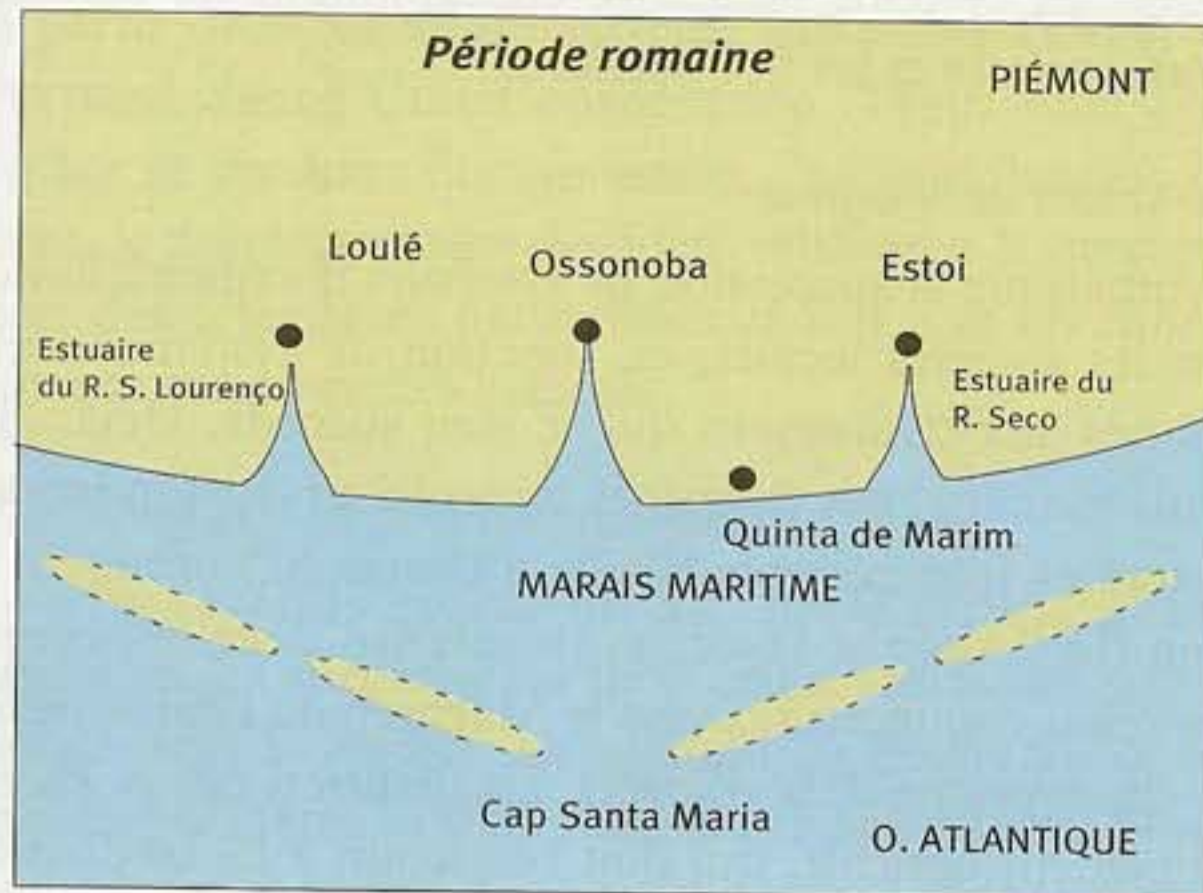
Dans le contexte de la décennie 1990-2000, marquée par la vigueur de la croissance économique, le littoral de la ria Formosa est confronté au double enjeu d'une vulnérabilité accentuée des milieux naturels (fragilité des politiques de protection côtière devant la variabilité météo marine, tendance au confinement de la lagune) et d'une crise de l'occupation de l'espace (expansion urbaine et périurbaine accélérée, parfois illégale, abandon, dégradation ou banalisation des espaces voués aux activités primaires).

La rapidité d'évolution actuelle du système homme-environnement dans cette zone littorale marque une rupture avec une succession de modes de mise en valeur profondément inscrits dans le paysage et qui avaient connu une certaine stabilité historique. Aujourd'hui, la gestion du littoral est, pour le parc naturel (qui englobe l'ensemble de la lagune), un concept dont l'application rencontre des succès indéniables, mais également des échecs techniques ou politiques. Comment accorder un discours de protection écologique et la réalité de la course au profit foncier et à la rentabilité économique? Comment concilier également la sauvegarde des paysages, reconnue comme un objectif partagé par toutes les instances décisionnelles de ce parc, et la nécessité d'un développement urbain et économique du littoral?

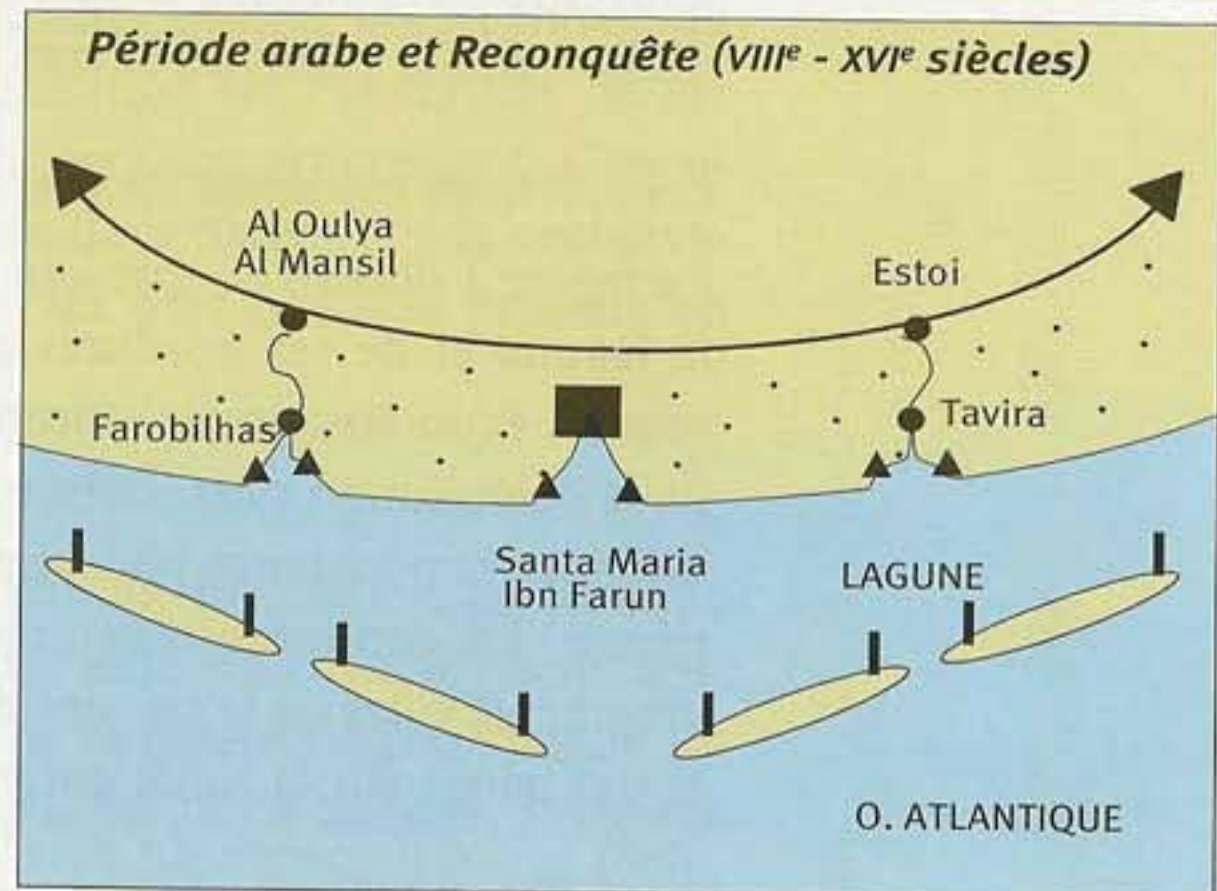
Pour répondre à ces interrogations, une équipe de jeunes géographes regroupés dans une APN (aide à projet nouveau) dirigée par Frédéric Bertrand et soutenue par le CNRS propose une démarche de recherche fondée sur l'intégration d'approches spécifiques (géomorphologie, biogéographie, climatologie, géographie humaine) à travers une réalisation cartographique. Le géoréférencement et l'analyse d'images satellitaires et de photographies aériennes acquises à différentes dates (des années 1950 à l'an 2000) permettent de souligner l'ampleur des menaces auxquelles ce territoire est confronté, notamment dans quelques secteurs éminemment sensibles du littoral comme les îles-barrières et les marais des rives internes de la ria.

### Conditions de la mise en place d'un territoire protégé en ria Formosa

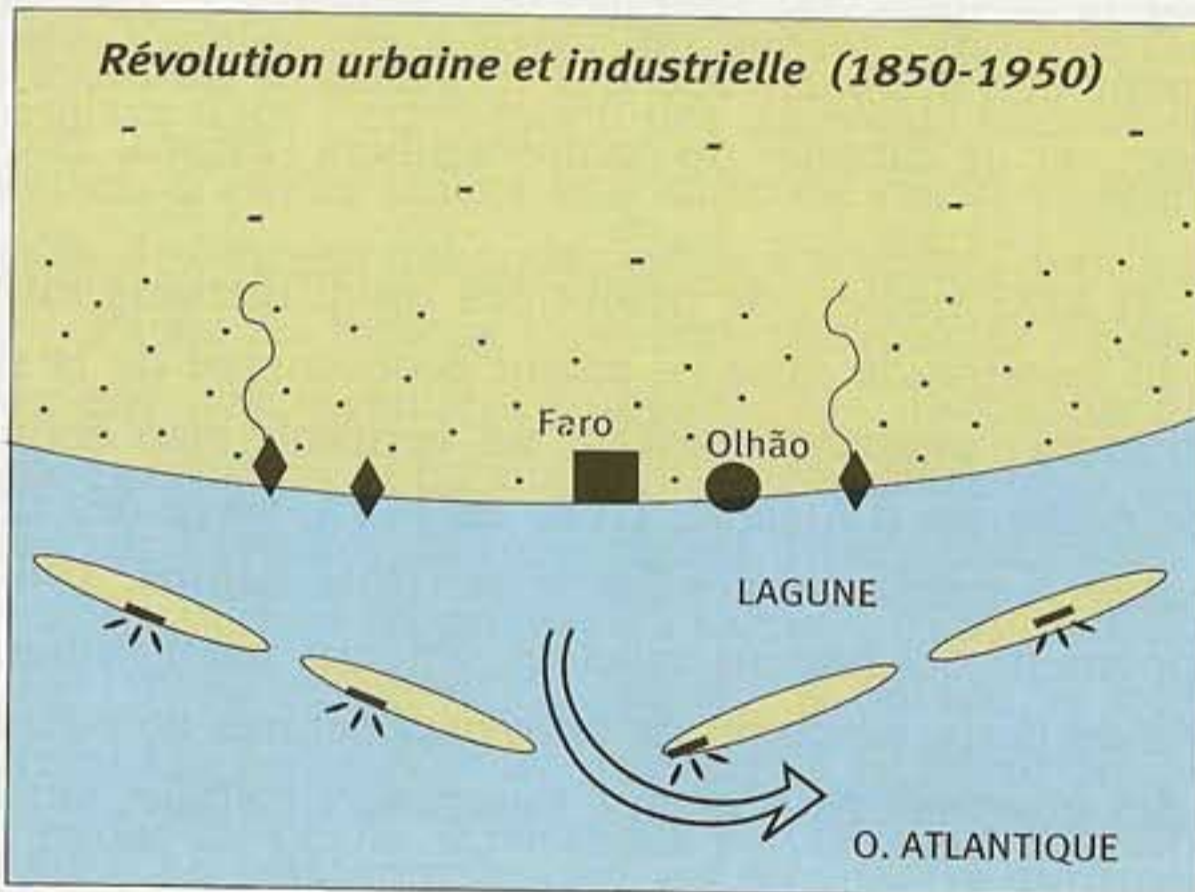
La lagune de la ria Formosa apparaît comme un milieu fortement dynamique. La forme, très variable historiquement, des constructions sédimentaires (flèches sableuses et barres, schorres, vasières), n'a pourtant pas constitué un obstacle à la mise en valeur de ces milieux par l'homme, ou plutôt à plusieurs logiques successives de mise en valeur. En effet, à différentes époques, les communautés humaines ont



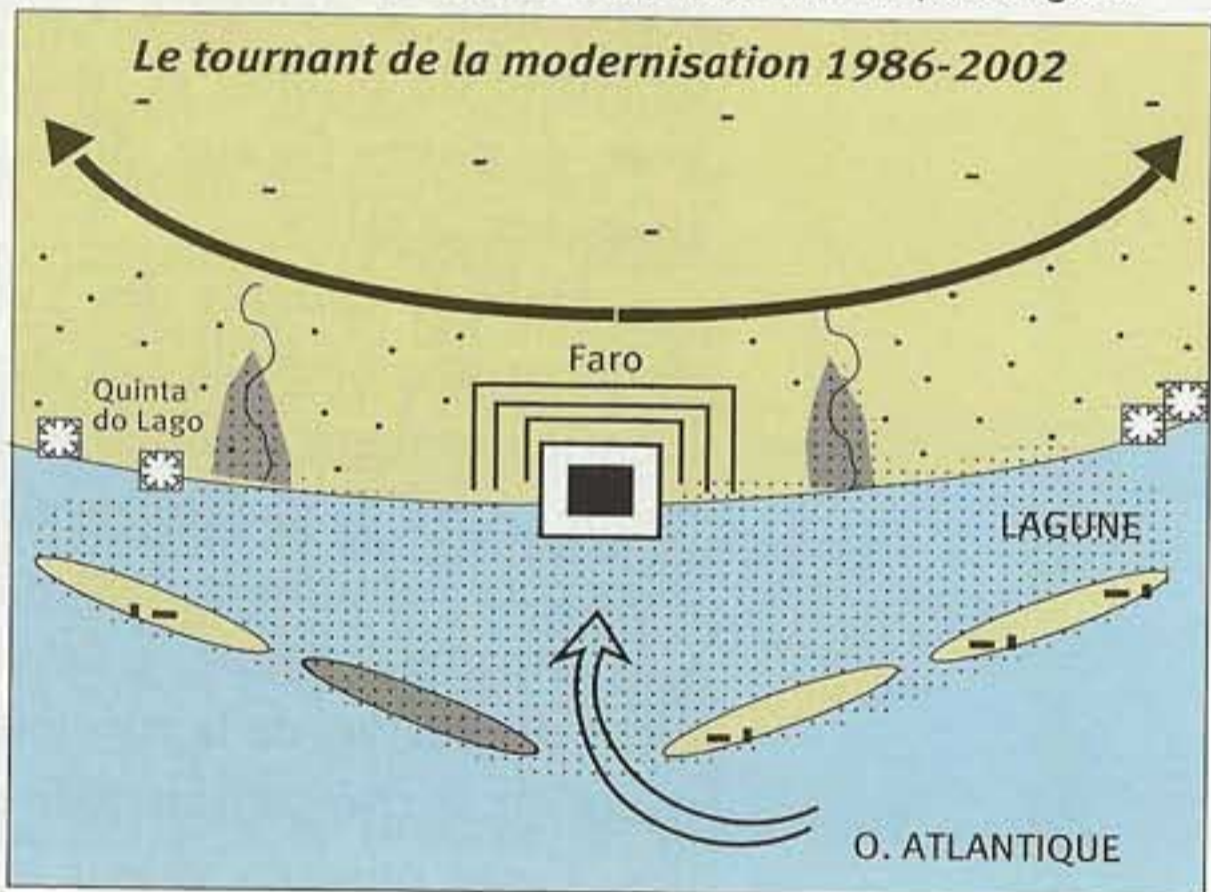
Loulé, Ossonoba et Estoi sont des villes romaines et des ports actifs avec la Grèce et Rome. Le reste du littoral est peu fréquenté, mis à part quelques villas où l'on produit et conditionne le garum (huile de poisson) pour l'exportation. Le piémont est battu par les flots. Les fleuves côtiers se terminent par des rias. Les îles, présentes, ont un tracé incertain.



Mise en valeur agricole de la plaine littorale (irrigation et plantations horticoles). Migration des ports vers l'aval : ils s'entourent de salines. La route de piémont s'affirme comme lien entre les capitales du royaume d'Algarve (Silvès-Séville). La Reconquista déclenche de nombreux endiguements de marais maritimes (salines et surtout moulins à marée) sur les zones les plus faciles à assécher (embouchures d'estuaires). Les îles sont des postes avancés de surveillance des pirates maures puis anglais.



Le piémont s'appauvrit et se dépeuple, tandis que le développement agricole s'accroît sur la frange littorale (nouvelles plantations tropicales, endiguement ou poldérisation des bas estuaires, essor de l'irrigation grâce à l'électricité). Les ports se spécialisent dans la pêche au thon et s'industrialisent (conserveries). Les îles servent de postes avancés pour le conditionnement des poissons (installations de grands ateliers ou *arraiais*). Le cycle salicole s'achève. La capitale régionale Faro affirme ses fonctions portuaires par l'exportation de productions du secteur primaire.



Le déclin du paysage agricole traditionnel paraît inéluctable dans la plaine littorale soumise à la périurbanisation, même si les primeurs sous serre et les vergers irrigués au goutte à goutte résistent mieux. Un aéroport et une autoroute vers l'Espagne marquent l'ouverture au monde. Le parc tente de limiter la pression résidentielle et balnéaire sur les îles (cabanisation autour des *arraiais*) et la multiplication des stations de luxe entourées de golfs; les touristes, amateurs d'oiseaux (*birdwatchers*), profitent de la richesse écologique et ornithologique des marais endigués au cours de l'histoire (salines, moulins à marée, polders et marais agricoles, bassins piscicoles).

Emporium	▲	Saline, moulin à marée	- -	Désertification	■	Métropole en croissance
Port de pêche	• •	Oliveraies et agriculture irriguée	↔	Autoroute	↔	Importations/exportations
Tour de guet	⚓	Arraial	⊙	Parc naturel	⊙	Station touristique et golf
Route historique	◆	Marais agricole endigué	●	Zone sanctuaire	■	Cabanons touristiques

Conception et réalisation : Nacima BARON-YELLES UMR PRODIG

Fig. 1/ Quatre phases de l'évolution physique et humaine de la ria Formosa dans les deux derniers millénaires

« inventé » des modes d'adaptation au système lagunaire en exploitant de manière différenciée le piémont, la rive marécageuse et les îles-barrières.

### *Les systèmes successifs de mise en valeur de la lagune*

La figure 1 illustre de manière synthétique la succession de systèmes d'exploitation de la lagune et de ses bordures par les sociétés locales, en fonction de systèmes techniques, économiques et culturels liés aux civilisations qui se sont succédé. Déjà, lors de la colonisation phénicienne puis romaine, des domaines agricoles et des fondations urbaines et portuaires plus importantes (par exemple la ville d'Ossonoba) occupent le rivage. La conquête musulmane de l'Algarve favorise un intense développement urbain; les villes de la ria sont des relais commerciaux vers le Maghreb ou l'Andalousie, et des jalons sur la route côtière du royaume d'*Al Andalus*. L'expansion des ports est aussi la conséquence du développement agricole, qui doit beaucoup à l'introduction de l'irrigation. Le piémont et la plaine se couvrent de plantations (amandiers, figuiers, oliviers...), irriguées par des *noras*, l'équivalent des norias arabes. La zone intertidale est exploitée pour le pacage, tandis que les herbiers de zostères et l'argile des vasières servent de fourrage et d'amendement. La reconquête catholique, en 1249, ne remet pas en cause le système agraire. Les ports exportent désormais vers l'Europe du Nord, mais la nécessité d'assurer la sécurité des chargements renforce la fonction défensive du littoral, et notamment des îles-barrières, qui se hérissent de tours de guet, de postes fiscaux, douaniers... et de cabanes de contrebandiers (Picard, 2001; Boisselier, 2001).

Dans le courant des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, de profondes modifications interviennent une nouvelle fois dans le système de mise en valeur économique de la ria. L'enrichissement colonial et l'influence anglaise suscitent un véritable élan économique. Ainsi, la société royale de pêcheries d'Algarve, créée en 1773, lance des flottilles pour capturer le thon migrateur à partir des îles-barrières (Rosa Santos, 1989). Ces armadas, comme le développement des bassins salicoles obtenus par l'endiguement des marais de la rive interne de la ria, suscitent de nouveaux centres de peuplement sur la rive continentale et des quartiers de pêcheurs saisonniers installés sur les îles. Cette mise en valeur halieutique et salicole est complémentaire de celle de l'arrière-pays; en effet, le thon salé, mis en conserve avec de l'huile d'olive produite dans les domaines agricoles côtiers, est ensuite expédié vers l'Espagne par les grands ports de la ria.

Entre 1850 et 1930, l'industrialisation de la conserverie pour le poisson et le développement salicole marquent ainsi un âge d'or de la lagune allant de pair avec quelques endiguements agricoles, rarement de grande ampleur (Da Fonseca de Oliveira, 1982). En revanche, une carte topographique détaillée, levée en 1923, souligne la méticulosité de la mise en valeur des rives agricoles de la ria, notamment l'impact des assèchements agricoles, comme l'ampleur des endiguements de schorres pour la construction de salines et de bassins faisant fonctionner des moulins à marée. Ce système, aujourd'hui relicté, est remis en cause par d'intenses bouleversements à partir de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. La crise des modes d'exploitation traditionnelle du milieu ouvre une ère nouvelle, marquée par la tension entre la nécessaire protection des ressources naturelles et l'expansion de l'urbanisation résidentielle et touristique.

Au total, l'investigation historique souligne combien les sociétés locales ont pu, à des époques différentes, employer les milieux naturels en fonction de systèmes de

mise en valeur successifs, mais à chaque fois cohérents, complémentaires et organisés. À partir de la chute du système salazariste (1974) et, plus encore, avec l'entrée du Portugal dans l'Union européenne (1986), une accélération de l'ouverture de cet espace se produit : l'urbanisation, l'industrialisation du territoire progressent. Cependant, le développement des idées relatives à la protection de la nature et à la conservation des ressources naturelles conduit à la création d'un parc qui doit prendre en compte ces nouvelles activités.

### *L'avènement d'un parc naturel littoral*

La seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle est marquée par un marasme économique prolongé. La surpêche du thon cause l'arrêt des armadas et le repli vers la pêche artisanale dans la lagune. Le manque de productivité et de compétitivité condamne les moulins à marée comme les salines artisanales. Sous l'autorité de Salazar, l'Algarve commence à attirer le tourisme international de masse mais, en même temps, se dépeuple (Cavaco, 1980). Au seuil des années 1980, la création d'un parc naturel est trop rare pour qu'on puisse l'attribuer à la seule « vertu » de pouvoirs publics désireux de protéger la nature. En fait, le parc sanctionne la reconnaissance par les instances politiques de zones « utiles » (sur le plan économique) et de zones « à protéger » ou « à préserver ». Ce zonage reflète la profonde crise du système de mise en valeur du territoire. Visiblement, à partir des années 1960, des facteurs de déséquilibre se mettent en place dans l'exploitation des différents milieux de la lagune : certains sont surexploités, d'autres voient leur mise en valeur et leur occupation décliner, jusqu'à ce qu'ils deviennent des zones vides, à prendre, donc « sanctuarisables » (PNRF, 1987).

Parmi les milieux intensément exploités figurent les vasières. Du fait de l'épuisement des ressources océaniques, la pêche côtière décline et l'élevage des palourdes dans la lagune s'intensifie, prenant la forme de vastes concessions installées sur l'estran<sup>1</sup>. Autre élément de remplacement de la pêche, la pisciculture, qui réutilise parfois les anciennes salines : treize établissements, utilisant des bassins de 50 à 100 ha de superficie, élèvent la dorade, le loup, la sole et le muge. À l'inverse, parmi les milieux « abandonnés » figurent les îles-barrières, désertées par les armadas de pêche. Épargnées par la vague touristique des années 1960 parce que trop éloignées de la côte, elles sont maintenant perçues comme un territoire hautement sensible.

La création d'un parc naturel est officielle quelques mois après l'entrée du Portugal dans l'Union européenne (1986). Délimité sur une superficie de 18 400 ha dont 14 720 ha appartiennent au domaine public maritime, le parc comprend des espaces très hétérogènes : d'un côté les îles, déclarées « inaptées à la construction », de l'autre la plaine côtière, objet d'un intense mouvement d'urbanisation. Les difficultés que pose la gestion de ce territoire de parc sont en partie issues de sa configuration spatiale très spécifique. Au lieu de reposer sur un système réglementaire qui assure une protection forte dans les milieux situés au cœur du parc, ce dernier est centré autour d'une capitale régionale en pleine expansion et d'une lagune intensément exploitée. Ce sont ses périphéries, fortement exposées à d'innombrables sources de nuisances, qui comptent les milieux les plus sensibles (îles-barrières et marais doux de la rive interne), malheureusement proches des agglomérations urbaines (Cavaco, 1996).

1. On compte dans les années 1990, 1 435 *viveiros* sur 1 030 ha, pour une productivité d'un kilo par mètre carré par an, soit au total une production proche de 10 000 t par an. Cette activité, qui nécessite l'utilisation du sable des îles, représente plus de 80 % des exportations portugaises de coquillages.

### *Principes et méthodes d'une analyse géographique « transversale » de la ria Formosa*

L'équipe formée par les auteurs est engagée depuis deux ans dans un bilan environnemental global de la lagune et de ses bordures en vue d'éclairer les choix de gestion du parc naturel. L'acquisition des données s'effectue dans différentes branches de la connaissance géographique, de manière à croiser les approches centrées sur l'observation de la dynamique des milieux et des groupes humains. L'enjeu est de conjuguer ces données de terrain pour aborder de manière globale la question de la vulnérabilité du système côtier, en faisant ressortir l'emboîtement des niveaux de structuration et de fonctionnement de la lagune. Ainsi, l'analyse paléo-environnementale permet par exemple d'établir des bilans sédimentaires et de bâtir des modèles de fonctionnement morphodynamique du milieu sur un laps de temps de l'ordre du siècle. Ce modèle est utilisable par le géomorphologue pour aborder la question du risque naturel (notamment du risque de submersion) à partir de l'interprétation des formes d'ablation et d'accumulation littorales, de l'analyse cinématique du trait de côte et du traitement statistique des données météo-marines. Il est aussi utilisable par le biogéographe pour l'aider à reconstituer les grandes étapes de la mise en place des unités botaniques, à les classer et à déterminer leur évolution spatiale. En outre, étant donné l'ancienneté de l'occupation humaine de la lagune et l'intensité de la pression actuelle sur les espaces terrestres comme sur les espaces marins, l'analyse des politiques d'aménagement et de conservation de la nature permet d'évaluer le rôle des sociétés comme agents et facteurs des transformations des milieux.

Le protocole d'étude retenu vise ainsi à articuler les approches physiques et humaines. Au terme d'une série d'étapes préalables, un diagnostic général est dressé à l'échelle de l'ensemble de la lagune en combinant un inventaire cartographique des marais et une série de protocoles de suivi établis dans les différents types de marais. Ce diagnostic permet ensuite une analyse plus détaillée des secteurs identifiés comme étant particulièrement représentatifs des enjeux d'une politique de conservation.

### **Établissement d'un diagnostic environnemental à l'échelle de la lagune**

#### *L'inventaire phytoécologique comme outil de diagnostic général*

La végétation halophile a été choisie comme un des éléments marqueurs de l'évolution physique et humaine de la ria. Elle est en effet un reflet de la conjoncture économique (disparition des herbiers de zostères sous l'effet de la pêche à pied ou des rejets urbains), et des transformations de cette région au cours du dernier siècle (substitution des cultures à la végétation originelle des marais, empiétement de l'urbanisation sur la zone humide, etc.). De larges étendues de marais n'en conservent pas moins les témoignages d'un passé beaucoup plus ancien dont les marques sont encore bien visibles dans le paysage. L'imagerie satellitale à haute résolution spatiale offre une vision à la fois synoptique et détaillée du couvert végétal; elle permet de proposer une classification spatialement hiérarchisée des unités végétales en combinant deux niveaux d'analyse

D'abord, la cartographie de l'image du 21 septembre 1997, choisie pour dresser un état des lieux à notre arrivée sur le terrain, a permis de classer la végétation du géosystème en 17 unités réparties suivant 7 niveaux bionomiques: watt dépourvu de végétation, basse slikke, haute slikke, bas schorre, moyen et haut schorre, marais

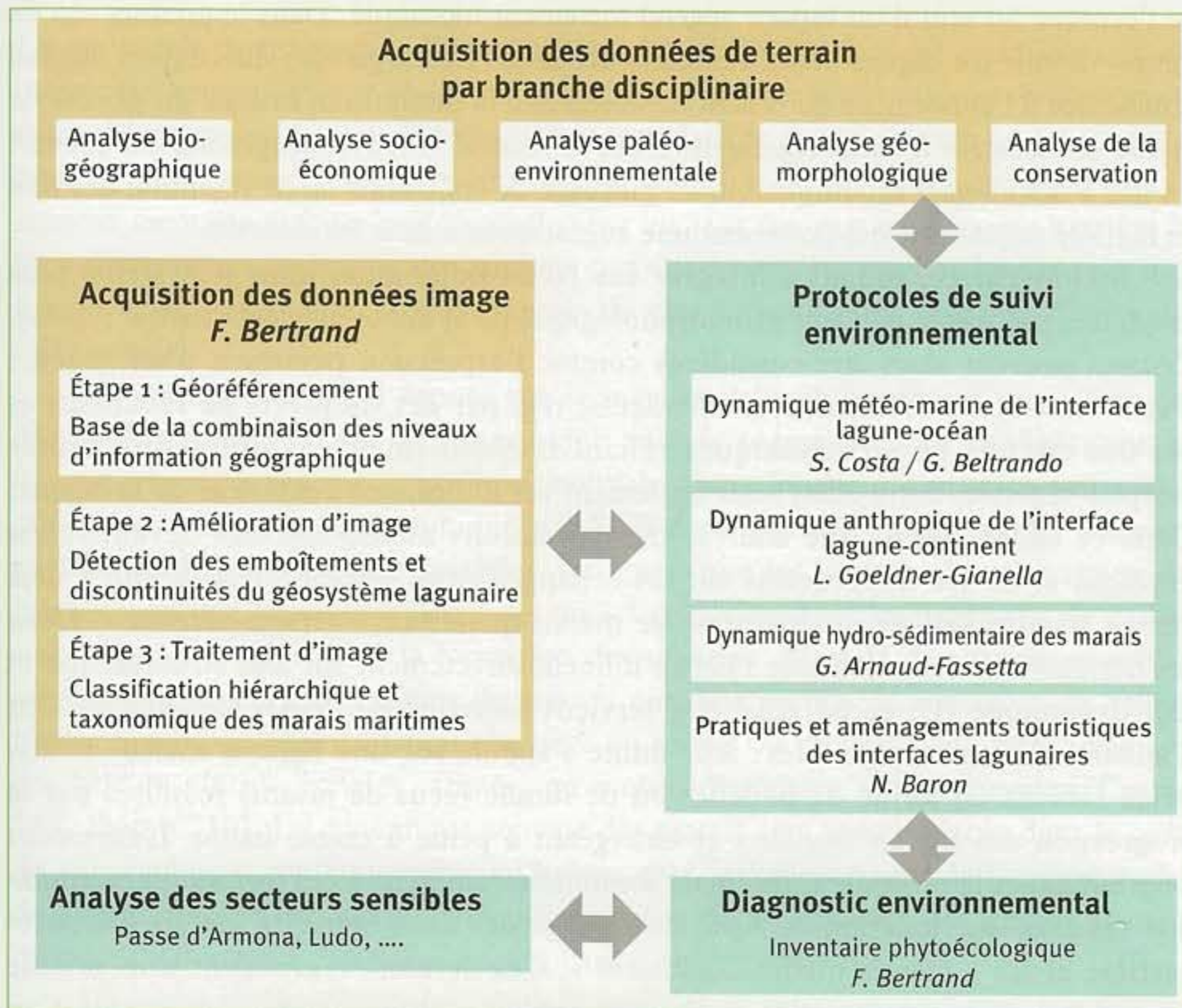


Fig. 2 / Protocole d'étude environnementale de l'APN-ria Formosa

saumâtre, végétation dunaire. La mosaïque végétale peut ainsi être observée à un niveau intégrant à la fois les oppositions bionomiques classiques et les effets topologiques dus à la structure du réseau hydrographique. Au-delà d'une distribution très contrastée des différents types de végétation dont les aspects les plus remarquables ont été décrits par ailleurs (Bertrand, Costa, Beltrando, 2001), la carte fait ressortir l'hétérogénéité croissante du milieu vers les franges continentales et dunaires de la lagune. Cette hétérogénéité concerne les caractères structuraux du couvert végétal, sa composition floristique et sa dynamique. Sur le revers des îles-barrières, par exemple, on constate un gradient d'assèchement édaphique (élévation du substrat et accroissement de la texture du sol) qui renforce les effets de zonation à l'interface dune-marais. Outre le resserrement des ceintures bionomiques, cette frange abrite des espèces sous-arbustives à la fois halophiles et xérophiles (*Limoniastrum monopetalum*, *Suaeda vera*, *Arthrocnemum glaucum*) qui ont besoin des deux écosystèmes adjacents. Cet effet de lisière se traduit par une augmentation de la biodiversité qui justifie le statut de réserve intégrale attribué aux îles de Barreta et de Tavira, mais pourrait bien également susciter une fréquentation touristique plus forte, étant donné la valeur paysagère et ornithologique de ces marais.

Sur la rive interne de la lagune, l'hétérogénéité du milieu paraît plus directement liée à l'anthropisation du géosystème. L'interface marais-continent connaît toutes les évolutions comprises entre deux situations extrêmes : soit une contraction artificielle de l'écotone aux limites de l'espace agricole ou urbain, soit, à l'inverse, une dilution

de l'écotone au sein d'un espace végétal fortement mosaïqué. Dans le premier cas de figure, devant les digues et les remblais urbains, l'hétérogénéité du couvert végétal semble liée à l'ajustement du réseau de chenaux à la diminution brutale du prisme de marée consécutive à l'aménagement. Dans le second cas, l'hétérogénéité du couvert est liée à des effets d'accumulation, de piégeage de colluvions ou de rétention des flux de matière organique, qui favorisent une augmentation de la biodiversité.

Il convient cependant d'intégrer ces faciès botaniques dans le système plus vaste, désigné par le concept géomorphologique de système barrière (*barrier system*). Ceux-ci peuvent alors être considérés comme l'expression paysagère d'un système d'environnements sédimentaires interactifs, régi par des transferts de sédiments et par des circuits physicochimiques reliant non seulement les différentes unités morpho-végétales entre elles, mais également ces unités avec l'extérieur de la lagune. Dans ce cadre élargi, une analyse des conditions météo-marines devant la ria Formosa et de ses implications sur les échanges entre l'océan et la lagune a déjà permis d'individualiser un ensemble de marais qualifiés d'« arrière-barrière ». Dans ces derniers, les échanges avec l'océan influent directement sur leur structuration et leur dynamique (Direcção geral dos serviços hidráulicos, 1994). Ces marais sont d'ailleurs clairement délimités : leur limite s'appuie sur une ligne d'anciens hauts-fonds sableux en forme de bouclier ou de lunule (écus de jusant) fossilisés par la progression des marais frontaux et émergeant à peine à marée haute. L'étirement longitudinal et la position altitudinale sommitale confèrent à ces formes d'accumulation reliques une fonction de ligne de partage des eaux entre les marais d'arrière-barrière et les « marais médio-lagunaires ». Ces derniers regroupent une gamme d'états de surface moins variée, mais dont chacun est plus étendu, témoignant d'un stade d'évolution plus avancé. L'analyse des carottages réalisés par la Direction générale des ports (Bettencourt, 1994) suggère que ces marais médio-lagunaires sont construits sur des assises sédimentaires héritées de structures transgressives (type delta de flot) et sur des surfaces d'accrétion ayant maintenu le substrat au-dessus du niveau moyen de la mer au cours du dernier siècle. Soustraits, en raison de leur éloignement des passes et des îles-barrières, aux tempêtes, ces marais sont également hors d'atteinte des perturbations anthropiques du fait de leur isolement. Dans ces conditions, ils peuvent être considérés comme les marais à la fois les plus évolués et les plus naturels de la ria Formosa et représentent ainsi un patrimoine, bien qu'aucune stratégie de protection n'ait été établie à leur endroit.

Ces marais médio-lagunaires paraissent pourtant menacés par la proximité des « marais de rive interne ». Ces derniers subissent directement l'extension des formes anthropiques (partènements saliniers, bassins aquacoles, remblayages divers) et une dégradation végétale, du fait de la proximité des sources de pollution diffuse (métaux lourds, pesticides, engrais), de la prolifération des algues vertes et des décharges sauvages établies à proximité des villes. En outre, la dénudation des vasières facilite l'érosion des chenaux dans un contexte de déficit sédimentaire créé et entretenu par l'homme (dragages mis en œuvre par le Parc naturel de la ria Formosa).

Le cadre de structuration tripartite de la lagune ainsi défini, il est possible de mener plus en avant l'analyse de l'évolution récente des marais en définissant des protocoles de suivi environnemental adaptés à chaque type et tenant compte de l'intervention plus ou moins marquée de l'homme dans la dynamique du géosystème.



### Des protocoles d'analyse dynamique et diachronique comme outils de suivi

Un protocole de mesures sédimentaires et phytoécologiques a été établi au sein des marais faiblement anthropisés de la lagune afin d'évaluer les conditions du développement des schorres. L'objectif était de mesurer dans le temps imparti au projet (deux années) des paramètres présentant des variations sensibles. Ceci explique que les stations aient été établies préférentiellement au sein des marais d'arrière-barrière les plus dynamiques, même si des stations ont également été implantées au sein d'un marais médio-lagunaire et d'un marais de rive interne pour disposer d'éléments comparatifs.

La méthode de suivi repose sur la mesure du rythme de sédimentation (ou d'érosion) et du rythme de progression (ou de régression) de la végétation en 24 stations réparties sur 7 profils séquentiels d'une longueur comprise entre 50 et 100 mètres. Le levé topographique par GPS de ces profils et des marais adjacents permet de définir avec une précision centimétrique les niveaux de submersion des marais ainsi que les cotes à partir desquelles se déclenchent les processus de succession végétale conduisant à la formation des schorres. Au-delà des variations saisonnières que plusieurs campagnes de mesure ont déjà permis de constater, les valeurs pluriannuelles de sédimentation obtenues au terme du projet seront comparées avec des valeurs pluridécennales estimées au moyen d'analyses radiochimiques (Cesium 137, Plomb 210). La dynamique actuelle des marais sera ainsi replacée dans le cadre de leur évolution contemporaine, en liaison avec le renforcement de l'anthropisation de l'hydrosystème lagunaire (artificialisation des passes, dragage des grands chenaux de marée) (Bertrand, Arnaud-Fassetta, Costa, en préparation).

L'analyse diachronique des données spatiales et aériennes souligne, par ailleurs, combien les transformations récentes de la rive interne constituent un facteur clé de l'évolution des marais. Dans un contexte de fort développement économique, on pourrait penser que les aménagements menacent directement les marais. Cherchant à vérifier et à quantifier cette information, une analyse longitudinale et diachronique des marais de la rive interne a été menée. À partir de la superposition des photographies de 1958 et de l'image SPOT de 1997, on constate que l'évolution de la zone humide s'est faite par avancées et par reculs.

La figure 3 présente la typologie des marais de la rive interne suivis entre ces deux dates. Elle permet de distinguer la zone humide dans son ensemble de sa partie aménagée qui regroupe une centaine de bassins (salines, bassins piscicoles, bassins d'anciens moulins à marée, bassins d'épuration des eaux)<sup>2</sup>. Les marais ont évidemment connu des mouvements de « régression », après un assèchement agricole ou, plus souvent, du fait d'un remblaiement. Mais une « progression » des marais a été notée en parallèle et ce, en direction de la zone terrestre lorsqu'il y a eu creusement de nouveaux bassins dans le glacis ou, plus fréquemment, progression des marais sur des terres agricoles abandonnées et rendues à une dynamique naturelle. De son côté, la zone humide aménagée a connu trois types d'évolution. Soit elle s'est « maintenue »<sup>3</sup>, soit elle a « progressé » *ex nihilo* ou par extension, soit, au contraire, elle a « reculé », du fait de l'abandon d'une activité ou de contraintes physiques. La destruction des digues est alors souvent suivie d'une reconquête progressive des bassins par le schorre.

De ces mouvements d'avancée et de recul des marais, lequel l'a emporté quantitativement? Le bilan surfacique montre que si les marais ont progressé d'environ 570 ha en 40 ans, ils ont aussi été remblayés (100 ha) et convertis en bassins (650 ha).

2. Les marais agricoles qui ont été asséchés ou remblayés avant 1958 ont été considérés comme attenants à la partie terrestre.

3. Lorsque ses structures (digues) ont été conservées ; mais cela ne préjuge en rien du degré d'activité des bassins.

Ainsi, ce bilan, même défavorable aux marais, n'est toutefois pas aussi déséquilibré qu'on aurait pu le croire. En fait, la régression des marais n'est avérée qu'en zone urbaine et autour de l'aéroport international — et c'est dans ces secteurs qu'elle se poursuit —, alors que la zone humide tend à s'étendre sur l'ensemble du liséré côtier, sous forme artificielle dans les golfs ou plus naturellement dans les marais agricoles en déprise (Goeldner-Gianella *et al.*, 2003).

Ces observations fines montrent donc tout l'intérêt d'une analyse transversale des évolutions environnementales de la lagune, grâce à l'articulation des données de géographie physique et de géographie humaine. Cette méthode combinant l'observation de terrain, l'analyse diachronique et l'usage des photographies aériennes et des images satellitaires peut maintenant être développée à l'échelle d'un secteur particulièrement sensible de la ria Formosa, celui des marais de la passe d'Armona.

### Analyse détaillée d'un secteur de la lagune : les marais de la passe d'Armona

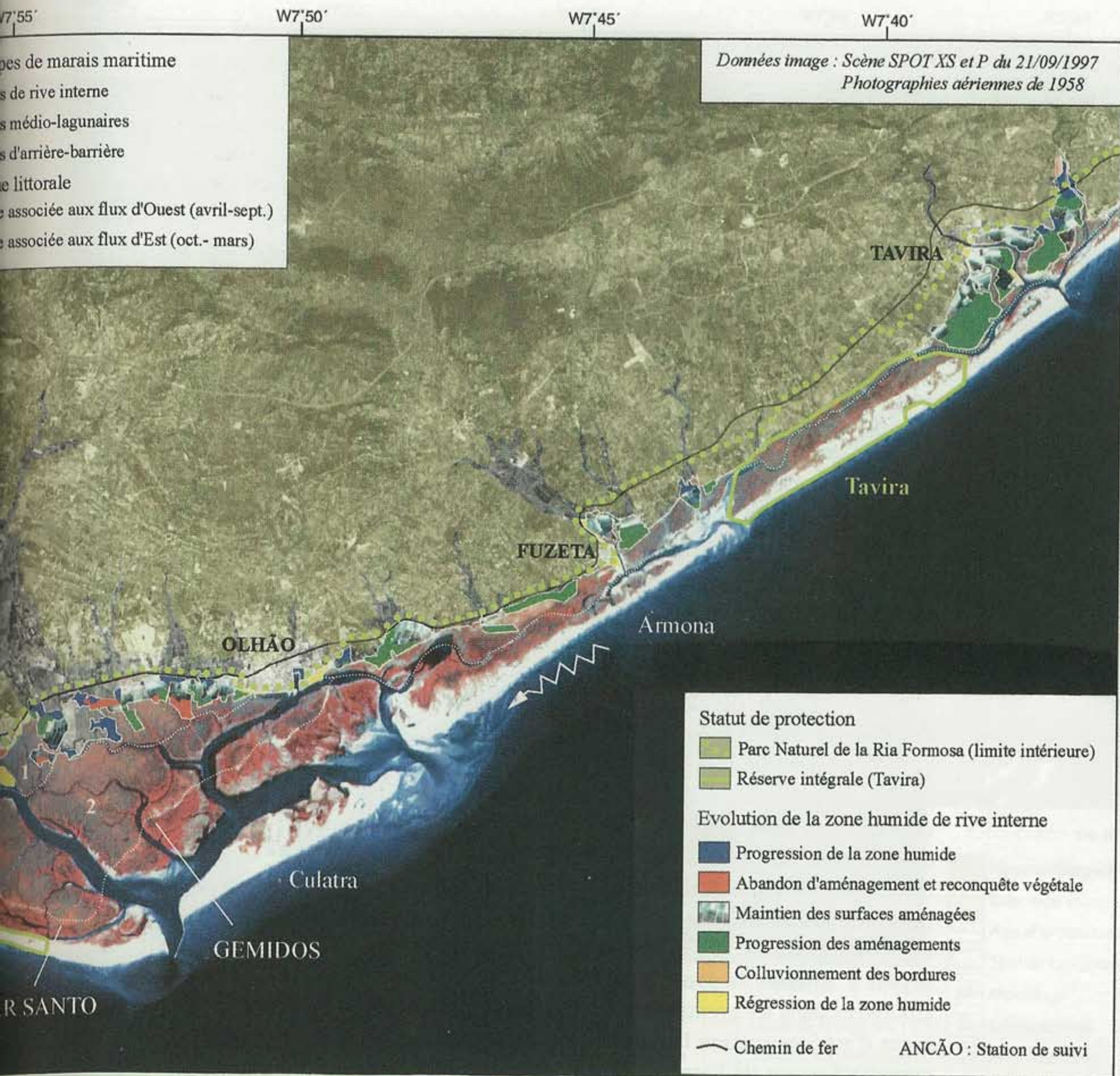
#### Un contexte morphodynamique très instable

Une attention particulière a été portée à l'évolution du secteur de la passe d'Armona dans la mesure où le prisme de marée ( $58\,000\,000\text{ m}^3$ ) transitant par cette passe contribue pour moitié (48 %) aux échanges entre l'océan et la lagune (Andrade, 1990) et où de nombreuses transformations liées au rétrécissement de son goulet de marée ainsi qu'à l'aménagement de ses rives ont pu perturber la dynamique évolutive des marais adjacents.

Au plan hydrodynamique général, la superposition des images de 1958 et de 1997 révèle que l'évolution des marais s'inscrit dans le cadre de l'inversion du rapport de force entre l'action des vagues — stigmatisée par les intrusions de sable modelées en rides de plages atteignant la taille de dunes hydrauliques (*sand-waves*) sur la face interne du goulet en 1958, et l'action des courants de marée, marquée par l'engraissement spectaculaire du delta de jusant et la protubérance de sa plate-forme de déferlement (*swash platform*) en 1997. Si l'on considère la prédominance, tant en durée qu'en intensité, du jusant sur le flot au droit de la passe d'Armona (Andrade 1990), cette inversion du dispositif deltaïque exprimerait à la fois l'affaiblissement des conditions d'agitation (houle et flot) dans l'axe du goulet (Bertrand, Costa, Beltrando, 2001) et le renforcement de la puissance



Fig. 3/ Paramètres environnementaux



Traitement d'image et cartographie : Frédéric Bertrand - UMR PRODIG

et facteurs de différenciation des marais de la ria Formosa

évacuatrice des chenaux de Culatra et de Marim sous l'effet du retard du jusant par rapport au flot.

Les conséquences biogéographiques de ce renversement de tendance hydrodynamique sont notables. La rampe de flot progressivement soustraite aux effets transgressifs des forçages météo-marins a enregistré un développement significatif des herbiers de zostères (*z. noltii*, *z. marina*). Ceux-ci profitent à la fois de l'enrichissement du milieu en éléments vitaux d'origine marine et de la concentration de l'activité phytoplanctonique dans la faible tranche d'eau recouvrant les bancs sableux relictuels. Mais l'étage bionomique des herbiers (haute slikke) abritant également le maximum de la biomasse de la faune benthique (Perthuisot, Guelorget, Calvario, 1986) et, notamment, des espèces bivalves à forte valeur commerciale comme les palourdes du genre *Venerupis* (*amêijoa*), la partie inférieure des estrans est devenue le

terrain d'élection de la vénériculture extensive (bancs naturels non-licenciés du domaine public) et semi-intensive (parcs privés « ensemencés »). Aussi les variations spatiales de la phytomasse, marquées par des contrastes de réflectance dans le PIR, signalent-elles moins des variations du potentiel aquacole qu'une mise en valeur différenciée de la ressource halieutique.

Sans être absent, le ramassage des bivalves est nettement moins étendu dans les marais situés en arrière de l'île de Culatra. En effet, ces derniers présentent de fortes déclivités et les plans d'eau en forme de havre, isolés du chenal principal par des crochons terminaux remarquablement conservés, bénéficient d'un renouvellement moins régulier des eaux estuariennes. Surtout, l'accrétion des marais s'effectue moins ici par colmatage progressif à partir de l'amont des chenaux que lors de débordements océaniques cheminant à travers les ensellements résiduels du cordon dunaire et ensevelissant les parties supérieures de l'estran (Cremona, 1998). En raison de leur cloisonnement morphosédimentaire et hydrologique, ces marais « en doigts de gant » ont donc plus une vocation d'abri naturel — d'où le développement des fonctions nautiques de mouillage — que de zone de production halieutique.

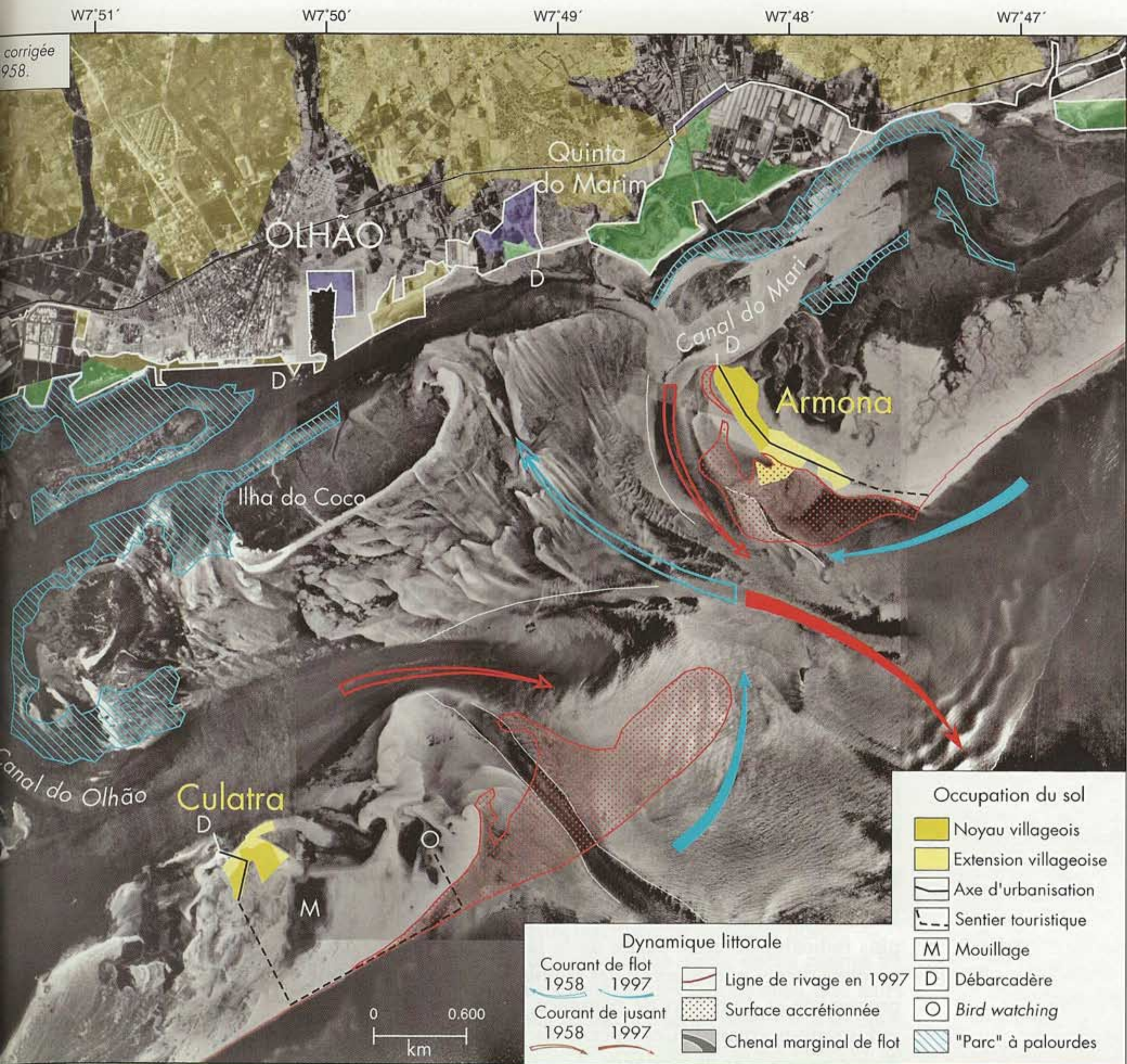
À l'arrière de l'île-barrière d'Armona, les chenaux de marée attaquent des marais déjà constitués. La dissection de ces derniers sous l'effet d'un réseau extensif de chenaux d'érosion (Pilkey, Neal, Monteiro, Dias, 1989) a altéré la chaîne des communautés végétales, induisant une fragmentation du couvert en petites unités ainsi qu'une diversification des communautés. En outre, la remise en mouvement des dépôts a entraîné la construction de plates-formes sableuses emboîtées dans les éventails de débordements et le développement d'espèces comme la spartine. Au total, l'étalement et la complexification de l'étagement de ce secteur contribue à la diversité et à l'abondance de l'avifaune (limicoles comme les barges, *Limosa limosa*, les bécasseaux, *Numenius phaeopus* ou les chevaliers, *Tringa sp.*, pour ne citer qu'eux).

#### Une valorisation encore marginale du potentiel touristique

La valorisation du potentiel touristique de ces îles sableuses ourlées de marais demeure toutefois marginale. Elle repose essentiellement sur la transformation en cours des quartiers constitués de cabanes de pêcheurs en petites « stations » de villégiature saisonnière. L'usage balnéaire des plages situées à proximité directe de la passe est avéré pour Armona depuis le début des années 1950, et il a déterminé la mise en place d'un lotissement de bungalows selon une voirie qui traverse l'île du nord au sud. Armona a donc été le lieu d'installation d'un lotissement résidentiel tellement développé dans les dernières décennies qu'il constitue une petite ville de vacances possédant des fonctions diversifiées (commerciales, résidentielles et touristiques notamment) (Direcção geral dos serviços hidráulicos, 1994).



Fig. 4/ Facteurs d'évolu



tion des marais de la passe d'Armona entre 1958 et 1997. Pour les figurés de la rive interne, se reporter à la légende de la figure 3

L'analyse des photographies aériennes montre que le développement spatial de cette station est fortement conditionné par son cadre morphodynamique : à la fin des années 1950, on comptait moins d'une dizaine de constructions très modestes et précaires (cabanes de joncs et de tôle, tentes de toile) qui s'abritaient du vent en utilisant judicieusement l'effet d'abri des flèches dunaires. Elles étaient très clairement alignées dans un long couloir interdunaire. En 1995, la structure urbaine a été agrandie et confortée ; l'axe principal, cimenté, forme un alignement de plus de 60 véritables villas contiguës. Dans sa plus grande largeur, ce lotissement aligne maintenant 15 rues parallèles, et regroupe plus de 300 constructions. La végétation a gagné du fait du jardinage soigné des abords des bungalows, tandis que des

commerces (épicerie, restaurant) se sont rassemblés auprès du débarcadère. La superposition des données aériennes et spatiales montre cependant quelques risques liés à l'occupation des îles-barrières, en particulier dans les secteurs sujets à la migration latérale des chenaux de marée et donc à des éboulements mettant en danger les fondations des constructions. Mais au total, ce lotissement touristique s'est consolidé au point de dessiner un organisme urbain en émergence, ce qui n'est pas exactement le cas du hameau qui lui fait face, sur l'île de Culatra.

Celui-ci connaît, à la différence d'Armona, une évolution de sa fonction halieutique traditionnelle vers la plaisance, évolution déterminée à la fois par la dynamique naturelle et par les choix des habitants. En effet, le site offre de bonnes possibilités nautiques : entre les crochons sableux, un double havre naturel, épargné des risques d'ensablement par les courants de marée, offre un mouillage. Le port a désormais migré au sud : il utilise un haut-fond abrité qui s'est constitué entre deux crêtes sableuses et sert pour le mouillage hivernal de petits yachts de plaisance. De ce fait, plus d'une centaine de constructions résidentielles récentes sont apparues, avec « vue sur mer », le long d'une promenade qui domine ce havre. La transition architecturale et urbanistique entre un quartier de maisons de pêcheurs et une petite marina est en cours, en ce moment même (Pires Martinho, Trindade Martinho, 1982). Au total, l'urbanisation des îles d'Armona et de Culatra offre des exemples d'adaptation plus ou moins réussies aux contraintes morphologiques et hydrodynamiques de la ria Formosa et traduisent des évolutions spatiales différemment avancées de la fonction halieutique à la fonction résidentielle et touristique. Dans un cas comme dans l'autre, les marais bordant ces îles restent très peu atteints par l'action de l'homme. C'est tout l'inverse lorsque l'on considère l'évolution des marais de la rive interne, au droit de la passe d'Armona, autour du port d'Olhão.

#### *Mutations et progression de la zone humide sur la rive interne d'Olhão*

La partie médiane de la rive interne, autour d'Olhão, présente les transformations les plus radicales de cette partie de la lagune. Une forte régression des marais s'est produite sur ses pourtours où des remblayages successifs ont été opérés : création d'une promenade et d'un port de plaisance, aménagement de quais et d'une zone petite industrialo-portuaire<sup>4</sup>. Ces opérations se poursuivent actuellement pour la création d'un nouveau port de plaisance. À cette régression définitive des marais s'ajoutent de nombreux aménagements : extension de salines jusque dans les années 1970, puis création de bassins piscicoles et de stations de lagunage. Cette régression de la zone humide est partiellement compensée par une progression de la zone humide aménagée, pour agrandir des salines vers l'amont, en convertir d'autres en station de lagunage ou en creuser à des fins pédagogiques (Quinta do Marim, domaine du PNRF). Mais elle est surtout compensée par des abandons de bassins (ancien moulin à marée reconquis par le schorre) et une progression du marais au-delà de la voie ferrée, dans d'anciens marais agricoles en déprise. On s'achemine donc là aussi, comme sur le reste de la rive interne, vers un abandon des aménagements traditionnels de la zone humide, même si le bilan n'est pas non ici particulièrement favorable aux marais.

Ainsi, les marais d'Olhão sont très représentatifs de l'évolution générale de la rive interne de la ria Formosa, puisqu'ils mettent bien en évidence la complexité des changements survenus depuis la fin des années 1950 et, en particulier, sauf à proximité directe des espaces urbains et portuaires, une progression inattendue des marais liée

4. 40% des prises de pêche régionales sont débarquées chaque année au port d'Olhão.

au déclin des activités traditionnelles. Plus généralement, le secteur de la passe d'Armona paraît très représentatif de la diversité des tendances affectant les milieux naturels de la ria Formosa : régression ou progression des marais, accrétion ou érosion des formes sableuses en fonction de la nature et de la dynamique des activités humaines littorales.

## Conclusion

L'analyse cartographique fondée sur la comparaison de couches d'informations hétérogènes et acquises à plusieurs dates a révélé des évolutions divergentes, et même contradictoires, concernant les dynamiques végétales et sédimentaires aussi bien que l'occupation du sol et les usages de l'espace. La gestion environnementale que le parc naturel de la ria Formosa est chargé de mettre en œuvre dans la lagune doit ainsi répondre à des évolutions aussi rapides que contrastées et l'on peut s'interroger sur les moyens d'une telle gestion, face à l'ampleur des mutations spatiales et socio-économiques en cours et à la complexité des situations locales.

Le parc naturel mène cependant un certain nombre d'actions, parfois de grande ampleur. Parmi celles-ci, le dragage pour entretenir le caractère maritime de la lagune, la protection du milieu lagunaire par la stabilisation de la barrière dunaire protectrice, les mesures d'accompagnement au développement de la pêche intralagunaire ou, encore, la politique d'intégration environnementale des villages touristiques participent d'une même volonté d'intégrer le développement économique régional dans une perspective de durabilité. Le plan d'aménagement de « l'ourlet côtier » (*plano de ordenamento da orla costeira*) — dont les termes sont actuellement négociés entre les autorités du parc et les municipalités riveraines de Faro, Olhão, Tavira et Fuseta — inaugure, selon toute vraisemblance et comme dans bien d'autres régions littorales du Midi européen, une nouvelle ère dans laquelle la gestion de la nature sera placée au croisement de l'économique et du social en accordant l'importance qui convient aux facteurs environnementaux inscrits dans la longue durée.

Cette évolution des pratiques gestionnaires suppose que soient mieux connus les temps forts actuels et passés de la dynamique évolutive des marais ainsi que leurs conditions de préservation à plus ou moins long terme. Ce sera l'objet de la seconde phase du programme APN ria Formosa au cours de laquelle plusieurs modèles du fonctionnement lagunaire seront couplés à une représentation cartographique des marais visant à rendre compte de leur inégale vulnérabilité aux facteurs majeurs de perturbation.

## Références

- ANDRADE C.F. (1990). *O Ambiente de barreira da ria Formosa, Algarve, Portugal*. Lisbonne : Université de Lisbonne, PHD Thesis, 645 p.
- BERTRAND F., ARNAUD-FASSETTA G., COSTA S. (en préparation). « Dynamique végétale et hydro-sédimentaire des marais de la ria Formosa (Algarve, Portugal) ».
- BERTRAND, F., COSTA S., BELTRANDO G. (2001), *cédérom. Complexité et vulnérabilité de l'hydrosystème lagunaire de la ria Formosa (Algarve, Portugal)*. Lille : Actes du colloque « Hydrosystèmes, paysages, territoires », 6-8 sept.

- BETTENCOURT P. (1994). *Les Environnements sédimentaires de la côte sotavento (Algarve, Sud Portugal) et leur évolution holocène et actuelle*. Bordeaux: Université Bordeaux I, thèse de doctorat, spécialité Géologie marine, vol. 1, 289 p., vol. 2., 146 p.
- BOISSSELIER S. (2001). « Naissance d'une identité portugaise: la vie rurale entre Tage et Guadiana de l'Islam à la reconquête (X<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècle) ». *Estudios gerais*, Serie universitaria, Imprensa nacional, Casa da Moenda.
- CAVACO C. (1980). *Turismo e demografia no Algarve*. Lisbonne: Editorial Progresso social e democracia, coll. « Ciencia e técnica », 96 p.
- CAVACO C. (1996) « Turismos de ontem e de hoje: realidades e mitos ». *Turismos e lazeres, estudos para o planeamento regional urbano*, n° 45, p. 1-13, Centro de estudos geograficos, Universidade da Lisboa.
- CREMONA C. (1998). *La Dynamique récente du système lagunaire de la ria Formosa. Étude des relations dune-marais*. Paris: Université Paris 1, mémoire de maîtrise sous la dir. de F. Bertrand, 110 p. + annexes.
- DA FONSECA LEAL DE OLIVEIRA A. (1982). *Listagem das iniciativas de aproveitamento da ria Formosa*. Faro: Direcção regional da agricultura do Algarve, 42 p.
- DIRECCÃO GERAL DOS SERVIÇOS HIDRÁULICOS (1994). *O cordão litoral da ria Formosa e sua utilização para fins turístico-balneares: contribuição para o estudo da evolução das flechas de areia na costa sotavento do Algarve*. Lisbonne.
- GOELDNER-GIANELLA L. et al. (2002). « Les marais endigués de la ria Formosa (Algarve) face à un siècle de développement économique, le cas de la réserve naturelle du Ludo ». *Annales de Géographie*, n° 629, p. 3-22.
- MARTINHO M.M. PIRES, MARTINHO A. TRINDADE (1982). *Culatra, um lugar de pescadores*. Lisbonne: Serviço nacional de parques, reservas e património paisagístico Secretarió de estado do ordenamento e ambiente. Lisbonne: Casa Portuguesa Editor.
- PERTHUISOT J.-P., GUELORGET E., CALVARIO J. (1986). « Les lagunes-estrans (type ria Formosa). Organisation, fonctionnement, ressources. Nécessités de leur préservation », in *Os Systemas lagunares do Algarve*. Faro: Universidade do Algarve, p. 37-52.
- PICARD C. (2001). *Le Portugal musulman. L'Occident d'Al-Andalus sous domination islamique*. Paris: Maisonneuve et Larose, 424 p.
- PILKEY O.H., NEAL W.J., MONTEIRO J.H., DIAS J.M.A. (1989). « Algarve Barrier Islands: A Noncoastal-Plain System in Portugal ». *Journal of Coastal Research*, vol. 5, n° 2, p. 239-261.
- PNRF (1987). *Plano de Ordenamento do Parque da ria Formosa*. Olhão: Edicion do Parque Natural da ria Formosa, 128 p. + annexes et cartes.
- ROSA SANTOS L.F. (1989). *A pesca do Atum no Algarve*. Olhão: Edição do Parque Natural da ria Formosa, 89 p.