

Géomorphologie, activités humaines et changements environnementaux dans les marais lagunaires de la Ria Formosa. L'exemple des rias du Ludo et de Gondra (Algarve, Portugal)

Gilles Arnaud-Fassetta¹, Lydie Goeldner-Gianella², Nacima Baron-Yellès³

¹ UMR 8586 CNRS-PRODIG, Université Paris-7 Denis-Diderot, UFR de Géographie, Histoire et Sciences de la Société,
Centre de Géographie Physique, 2 Place Jussieu, 75251 Paris cedex 05. E-mail : fassetta@paris7.jussieu.fr

² UMR 8586 CNRS-PRODIG, Université Paris-1 Panthéon-Sorbonne, Institut de Géographie,
191 Rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : 01 64 46 23 07. E-mail : lydiegg@club-internet.fr

³ UMR 8586 CNRS-PRODIG, Université de Marne-la-Vallée, 5 Boulevard Descartes, Champs-sur-Marne,
77454 Marne-la-Vallée cedex 2. Tél. : 01 49 32 91 10. E-mail : nbaron@univ-mlv.fr

Article publié en 2002, CD-rom
(disponible à <http://www.univ-lille1.fr/geographie/labo/gma.htm>)

Mots clés : Zone humide - Métamorphose environnementale - Endiguements - Agriculture -
Tourisme

Introduction

Une équipe de géographes français étudie actuellement la dynamique évolutive et l'utilisation des marais lagunaires de la Ria Formosa (Algarve, Portugal), en coopération avec le Parc Naturel (PNRF) qui a en charge le développement et la conservation de cette zone humide protégée [BER 00]. Située dans la partie nord-ouest du Golfe de Cadix, la Ria Formosa occupe l'essentiel de la Côte Sotavento, qui s'étend entre Olhós de Agua (37°06'N, 8°19'W) et l'embouchure du fleuve Guadiana (37°12'N, 7°25'W) (figure 1A). Dominée au nord par les collines de dissection schisteuses de la Serra, puis par les voûtes anticlinales et les crêtes monoclinaux à dominante calcaire du Barrocal, enfin par les glacis polygéniques taillés dans les poudingues et les sables argileux plio-quadernaires, la Ria Formosa peut être définie comme un vaste ensemble lagunaire de 111 km², de type "expandable tidal lagoon" [OER 85], la variation de la surface inondée entre la basse mer et la pleine mer allant de 90 % lors des marées de morte eau à 450 % lors des marées de vive eau. Sous un climat de type "méditerranéen" et soumis à un régime mésotidal (marnage : 1,3-3,5 m), les marais lagunaires qui la constituent sont actuellement protégés par cinq îles-barrières (Barreta, Culatra, Armona, Tavira, Cabanas) et deux flèches sableuses (Anção, Cacela), séparées par six passes dont trois sont artificielles (San Luis, Barra Nova, Tavira) (figures 1B et 1C).

L'histoire de la Ria Formosa, complexe, est celle d'un paysage lagunaire en constante mutation depuis le début de l'Holocène. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour restituer les principales étapes de son édification et les processus associés [PER 14 ; ABE 26 ; ABE 61 ; WEI 64 ; NEV 74 ; GUI 79 ; GRA 84 ; PIL 89 ; AND 90 ; BET 94]. Si l'origine des transformations environnementales anciennes relève avant tout de la conjonction de trois facteurs - fluctuations eustatiques, variabilité climatique, mouvements du sol -, l'Homme s'inscrit sans conteste au rang des acteurs majeurs du façonnement du paysage lagunaire récent. En effet, depuis deux à trois siècles, la Ria Formosa connaît une métamorphose environnementale rapide et sans précédent, liée au regain des activités humaines (agriculture, équipements hydrauliques, urbanisation, aquaculture, tourisme) [BAR 01a].

Aujourd'hui, la Ria Formosa présente une grande diversité d'environnements qu'il est possible de découper en quatre unités physiographiques distinctes [BET 94 ; BER 01] : l'unité proprement continentale des rives internes, l'unité fluvio-palustre (marais dulcicoles associés aux plaines d'inondation), l'unité laguno-marine (passes, deltas de marée, plateformes sableuses d'arrière-barrière, bassins de basse énergie comprenant les vasières et les marais salés) et l'unité marine (plages externes et dunes des îles-barrières).

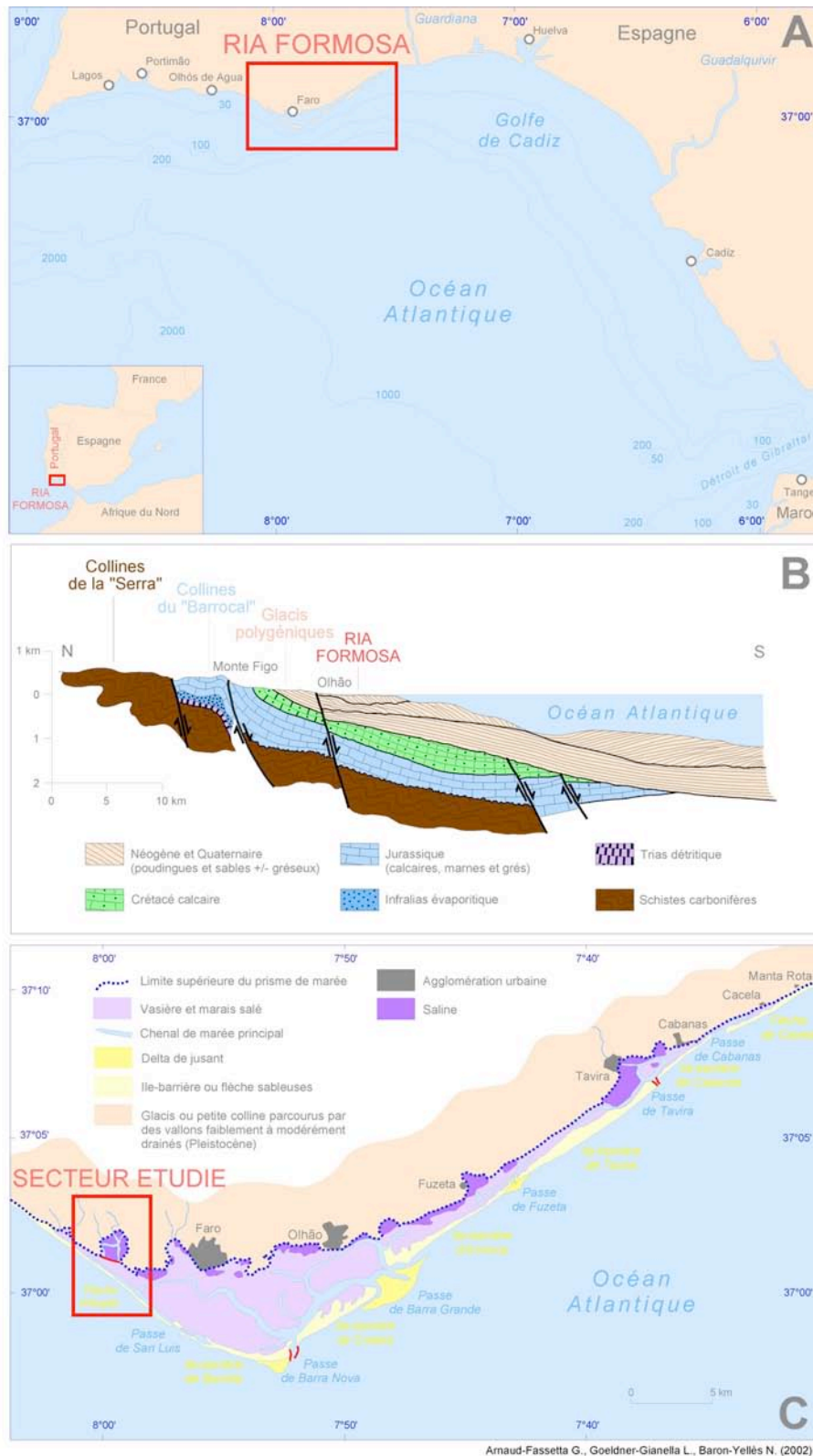


Figure 1. A. Carte de localisation de la Ria Formosa. B. Coupe géologique nord/sud de l'Algarve oriental [BET 94, modifié]. C. Carte des environnements sédimentaires et des principales zones de saliculture de la Ria Formosa ; localisation du secteur étudié.

Or, les marais lagunaires et dulcicoles, qui constituent plus des deux tiers de l'hydrosystème, évoluent depuis trois décennies sous l'influence d'une double contrainte, qui s'exprime d'une part par la forte pression économique et touristique, d'autre part par le fait que les marais sont actuellement protégés par des îles-barrières fragilisées par un déficit en sables (épis en amont-dérive), que la remontée du niveau marin relatif, estimée au cours du XX^e siècle à 1,5 mm/an [DIA 92], ne saurait que renforcer. Ainsi, le postulat "sous-entendu" par les acteurs du tourisme et de l'économie de la Ria Formosa, selon lequel les marais constituent les éléments structurants d'un paysage pérenne et peu changeant, pourrait donc être remis en cause à l'échelle des prochaines décennies.

Dans ce contexte géodynamique et humain, l'objectif de cette étude est de mettre en lumière les grandes étapes qui permettent d'expliquer la structuration du paysage lagunaire actuel. Ainsi, les questions posées sont les suivantes : quels sont les causes et les acteurs des grandes métamorphoses environnementales survenues à l'échelle de l'Holocène ? Celles-ci se sont-elles produites de façon graduelle ou brutale ? Les récentes perspectives d'aménagement vont-elles dans le sens d'un développement durable de la Ria Formosa ?

Pour y répondre, nous avons choisi d'étudier plus précisément le secteur du Ludo et de Gondra, situé à l'ouest de l'hydrosystème lagunaire (figure 1C). Ce secteur inclut la partie aval de deux vallées fluviales d'orientation dominante NNW-SSE, dominées par des interfluvies (alt. : 15-30 m) faiblement à modérément drainés (densité des talwegs : 1-3,5 km/km²) et constitués de formations plio-quadernaires à forte érodabilité potentielle (argilites, sables et galets à matrice argilo-sableuse abondante), tronquées au sommet par des glacis d'ablation polygéniques. Dans leur partie basse, les deux vallées, à fond plat (alt. : 1-5 m), dont la profondeur s'atténue progressivement vers l'aval, ont été partiellement remblayées au cours du Quaternaire, de sorte que leur profondeur est aujourd'hui réduite (< 25 m). Le drainage de la vallée de Gondra est assuré par le Ruisseau de Gondra, au tracé largement modifié et rectifié, qui conflue avec le Saõ Lourenço, fleuve côtier long de 20 km drainant un bassin-versant de 43 km² inscrit pour une large part dans les collines karstiques à fortes pentes du Barrocal. Le Saõ Lourenço termine sa course dans la basse vallée du Ludo, avant de se métamorphoser en chenal de marée à son débouché dans les marais lagunaires du Ludo puis du Cul-de-sac d'Anção. Ces marais représentent aujourd'hui un site de haute valeur biologique (botanique, zoologie), inclus notamment dans le projet Biotopes du programme CORINE [SNP 92 ; PIN 95].

Le choix d'étudier le secteur du Ludo et de Gondra repose sur plusieurs raisons d'ordre géographique. Cette zone, dont le sous-sol a "archivé" les grandes étapes de l'édification holocène de la Ria Formosa, est aussi, de notre point de vue, représentative de la dynamique du milieu et des changements environnementaux perpétrés par l'Homme depuis 200 à 300 ans. On insistera ensuite sur le petit nombre de synthèses scientifiques afférentes à cette zone, à la différence du cœur de la Ria Formosa, qui est mieux connu [BET 94]. Par ailleurs, si beaucoup d'études se sont intéressées au milieu marin (actuel ou passé) et au rapport entre les dynamiques marine et lagunaire [AND 90], peu de travaux proposent une mise en perspective de l'évolution des bassins lagunaires avec celles des marais dulcicoles ou des milieux terrestres. Enfin, nombreuses sont les recherches émanant des Sciences de la Terre ou de l'Histoire à s'être portées sur l'étude du Quaternaire [GRA 84] ou la dynamique actuelle des milieux lagunaires [AND 90 ; CAB 90 ; FER 90], mais peu d'entre-elles ont jusqu'à présent tenté de combiner les deux approches.

D'un point de vue méthodologique, l'évolution des marais lagunaires et de leurs bordures a été étudiée en utilisant plusieurs types de données.

Le recours aux archives historiques a permis de remonter jusqu'aux XVIII^e-XIX^e siècles (iconographie) et au Moyen Age (textes). L'essentiel de l'iconographie ancienne consultée correspond à des cartes hydrographiques de la lagune de Faro-Olhão réalisées en 1870-1873 (1/2 500), 1884 (1/40 000) et 1923 (1/50 000). Pour les cartes comme pour les textes anciens, on soulignera l'incohérence parfois de l'information fournie, ce qui nous a conduit à utiliser certains documents avec prudence, voire à en rejeter d'autres dès lors que les faits observés ou l'information qu'ils apportaient n'avaient pas pu être recoupés sur plusieurs documents. Par ailleurs, un corpus de photographies aériennes verticales (1958, 1990), monochromes ou couleur, complété par des images satellitaires SPOT (1987, 1997), ont permis d'étendre l'analyse diachronique jusqu'à nos jours.

Des observations et des enquêtes de terrain ont été entreprises lors de quatre missions (02/2000, 06/2000, 11/2000, 03/2001). Elles ont permis la réalisation (1) de dix sondages

sédimentologiques, (2) de plusieurs levés géomorphologiques au 1/25 000, (3) de nombreux inventaires botaniques en collaboration avec des biogéographes et (4) de cartes diachroniques de l'utilisation du sol. Ce travail a été complété par des analyses en laboratoire, afin d'identifier les faciès sédimentaires - par la granularité (granulomètre laser Coulter LS100 ; Université Paris-7 Denis-Diderot, UMR-8586 CNRS-PRODIG) et la paléontologie - et de mesurer les taux de salinité des eaux de nappe (Université de Caen Basse-Normandie, UMR-6554 CNRS).

1. L'évolution des marais lagunaires jusqu'aux XVIII^e-XIX^e siècles

A l'image de la Ria Formosa, l'histoire du Ludo et de Gondra se caractérise durant les premiers millénaires de l'Holocène par une succession de phases de remblaiement et de déstockage sédimentaire, d'origine essentiellement climato-eustatique et secondairement tectonique. Puis les interventions graduelles de l'Homme vont amener celui-ci à jouer un rôle non négligeable dans la transformation des paysages lagunaires, voire prépondérant au cours des trois derniers siècles. Au total, l'histoire de l'hydrosystème est marquée par deux métamorphoses environnementales, l'une ancienne d'origine climato-eustatique, l'autre plus récente d'origine essentiellement anthropique.

1.1. L'histoire environnementale ancienne

La datation au Carbone 14 des dépôts du remblaiement holocène de la Ria Formosa a permis de reconstituer les principales étapes de l'évolution paléoenvironnementale [GRA 84 ; BET 94] ; celle-ci reste discontinue pour la période antérieure aux Temps Modernes.

Vers 8000 ans BP, la remontée rapide du niveau marin relatif entraîne l'envasement des plaines alluviales situées au débouché des vallées fluviales, telles celle du Ludo, drainée par le Saõ Lourençõ, ou celle de Gondra, drainée par le ruisseau du même nom. A proximité du rebord du plateau continental, le remaniement des vastes accumulations sableuses conduit à former un système de barres sableuses migrant vers le continent (figure 2A).

Vers 6000 ans BP, la vitesse de remontée du plan d'eau marin se réduit, favorisant la mise en place d'un premier prisme sédimentaire de type lagunaire. Mais surtout, la hauteur d'eau devient suffisante pour que les eaux océaniques envahissent la partie aval des vallées fluviales. A l'image du Ludo et de Gondra, ces vallées se métamorphosent alors en rias, de type 2 selon la classification physiographique des estuaires [FAI 80]. A l'aval, la mise en place de puissantes barres sableuses rétrogradantes témoignent de la vigueur des transits sédimentaires vers la côte (figure 2B).

Il faut pourtant attendre 3000 ans BP pour que les eaux océaniques pénètrent au plus haut dans ces vallées (phase d'onlap maximum). Le ralentissement de la vitesse de remontée du plan d'eau marin entraîne l'accumulation d'épaisses séquences sableuses rétrogradant sur la plaine côtière, correspondant au type 3 [FAI 80]. Les barres sableuses deviennent ainsi successivement des îlots puis, par accréation verticale et/ou latérale, des îles-barrières, dont les flancs internes séparent les vastes bassins intertidaux (vasière et marais salé) de la mer ouverte (figure 2C).

A l'époque romaine (2000-1500 ans BP), le processus de remblaiement sédimentaire des rias, qui s'intensifie à partir du II^e siècle de notre ère, favorise le développement d'une vaste lagune à vasière et marais salé, protégée de l'océan par un système d'îles-barrières dont le front marin est situé bien en avant de l'actuel [MAR 46]. En amont, les apports détritiques demeurent suffisants pour repousser, par exhaussement des plaines d'inondation, la limite supérieure du prisme de marée vers le sud. Les rias du Ludo et de Gondra, en partie remblayées, restent cependant reliées à la mer ouverte par de puissants chenaux de marée qui, à l'image de celui de Maria Nova, sont suffisamment larges et profonds pour autoriser une navigation aisée depuis les passes jusqu'aux villages en amont des rias (Pereira, Quinta do Ludo) (figure 2D).

Un hiatus chrono-stratigraphique existe entre l'époque romaine et les Temps Modernes. Mais les archives historiques disponibles ont permis de mettre en évidence quelques caractéristiques du fonctionnement hydrosédimentaire dans le secteur du Ludo et de Gondra. Ainsi, les processus de remblaiement atteindraient leur paroxysme sous l'occupation arabe. Les références au problème d'ensablement et d'accès aux ports sont en effet constantes à partir du X^e siècle [OLI 78 ; BEL 88].

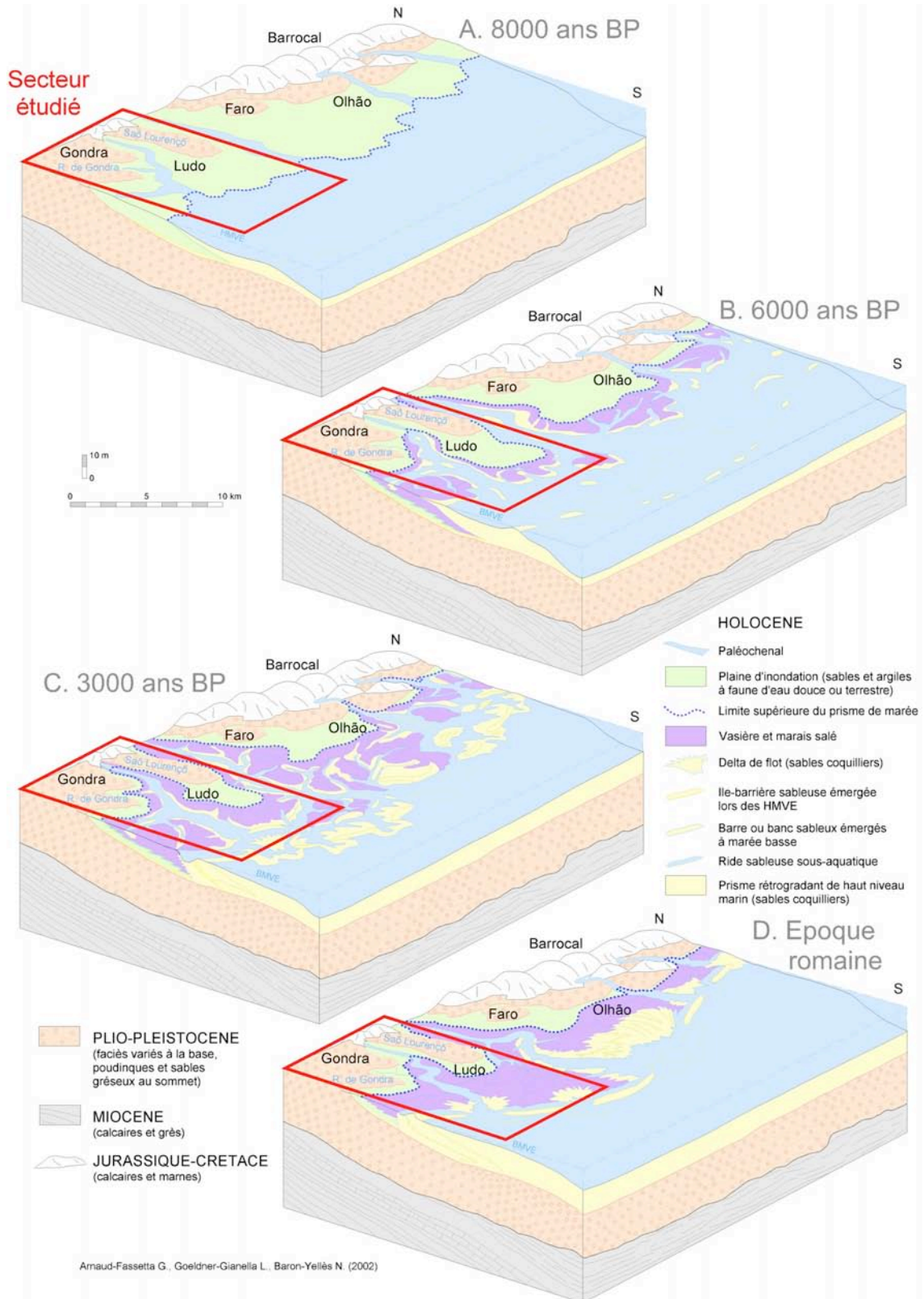


Figure 2. Evolution du paléoenvironnement de la Ria Formosa à l'échelle de l'Holocène [BET 94, modifié]. A noter, vers 6000 ans BP, la métamorphose d'origine glacio-eustatique des vallées fluviales du Saõ Lourenço et de Gondras en rias.

C'est donc bien un problème d'encombrement sédimentaire de l'hydrosystème, plus que d'érosion, qui est au cœur des préoccupations. Deux zones sources contribuent alors à la fourniture en sédiments : les milieux infra- et intertidaux mais aussi le continent. Certains auteurs suggèrent d'ailleurs de corréliser la recrudescence des apports détritiques provenant de l'arrière-pays collinéen avec les nombreux incendies - probablement d'origine humaine - qui auraient provoqué une destabilisation/érosion des sols massive [FER 90].

1.2. Le paléoenvironnement des Temps Modernes

Le fait que la partie occidentale de la Ria Formosa ne soit représentée sur les cartes anciennes qu'à partir de 1772 a été considéré par certains auteurs [BEL 88 ; FER 90] comme une preuve irréfutable de la formation de cette zone après le(s) grand(s) séisme(s) (magnitude > 7) de 1722, 1755 et/ou 1772, et aux tsunamis qu'ils provoquèrent (vagues de 15 m en 1755) [CAB 93]. Leurs travaux s'opposent pourtant à ceux pour qui les îles-barrières auraient été édifiées bien avant et n'auraient eu à subir qu'un déplacement tangentiel vers le continent en réponse au(x) tremblement(s) de terre cité(s) *supra* [BET 94]. Nous partageons cette deuxième hypothèse, qui du reste a été confirmée par nos propres données morpho-sédimentaires.

Dans le secteur du Ludo et Gondra, l'influence marine commence à décliner au cours de la seconde partie du XVIII^e siècle. Des apports sédimentaires non négligeables (confinement lagunaire ? crise détritique ?) favorisent une nouvelle progradation du trait de côte, le déplacement des îles-barrières vers l'océan, voire la disparition de certaines d'entre-elles comme celle du Saõ Lourenço [GRA 84]. Dès lors, la maturation des îles-barrières plus au sud va entraîner une réduction notable des échanges lagune/océan et favoriser *de facto* la dilatation du remblaiement lagunaire en arrière des cordons littoraux.

Aux tournants des XVIII^e-XIX^e siècles, le remblaiement des rias du Ludo et Gondra est assuré par des sables et des vases d'origine lagunaire [BAW 01] (figure 3). Sur cette vaste surface intertidale, vasières et marais salés sont isolés de la mer ouverte par la flèche sableuse d'Anção et l'île-barrière de Barreta, elles-mêmes séparées par la passe de San Luis, étroite et peu profonde. Le prisme supérieur de marée pénètre encore assez profondément à l'intérieur des rias, par l'intermédiaire d'un réseau de chenaux de marée hiérarchisé. Plus en amont, les fonds de vallée sont occupés par des plaines alluviales parcourues par des cours d'eau pérennes ou temporaires, dont les têtes de bassin découpent les collines karstiques du Barrocal au nord. Les interfluves méridionaux, recouverts d'une pineraie, sont constitués de glacis ou de collines entaillés de petits vallons et de ravins, qui se raccordent à des cônes de déjection à leur débouché dans les marais.

1.3. Relations entre la dynamique des marais et les activités humaines

Si les trouvailles archéologiques ont apporté les preuves d'une occupation humaine ancienne (paléolithique avec la découverte d'un habitat sur l'interfluve de Gondra, puis romaine et arabe avec l'exhumation d'un complexe industriel et d'une nécropole retrouvés à Quinta do Lago), l'information reste diffuse en ce qui concerne les activités humaines qui se sont développées dans les marais lagunaires du Ludo et de Gondra avant le Moyen Age.

Il faut attendre les écrits médiévaux pour que la connaissance sur l'utilisation des marais lagunaires se fasse plus précise. Le remblaiement des rias - et des chenaux en particulier - y est très souvent décrit comme une contrainte pour la navigation. Ainsi, l'accessibilité du port de Loulé par voie fluvio-lagunaire est très rapidement apparue problématique [BEL 88]. C'est en réponse au remblaiement croissant du chenal de Saõ Lourenço que Pereira devient dès 1337 le premier avant-port de Loulé. Malgré son encombrement sédimentaire, le chenal de Saõ Lourenço reste navigable jusqu'à Pereira au XIV^e siècle. Ce n'est que bien plus tard - à la fin du XV^e siècle - que l'ensablement du chenal permettant l'accès au port de Pereira va entraîner le transfert de ses fonctions à Farrovilhas, qui devient ainsi le second avant-port de Loulé. Ce déplacement permet d'attester que le chenal de Maria Nova, s'il est en voie de remblaiement en amont de Farrovilhas, reste encore actif et puissant en aval ; il est d'ailleurs toujours en connexion aisée avec la mer au XVI^e siècle. La fin de la navigabilité dans le secteur ne devient effective qu'aux tournants des XVIII^e-XIX^e siècles, avec la mise en place des digues de Gondra puis du Ludo.

Pour finir, si les problèmes de navigabilité intra-lagunaire restent entiers aux XVIII^e-XIX^e siècles, les rias du Ludo et de Gondra n'en demeurent pas moins attractives pour l'exploitation du sel (figure 3).

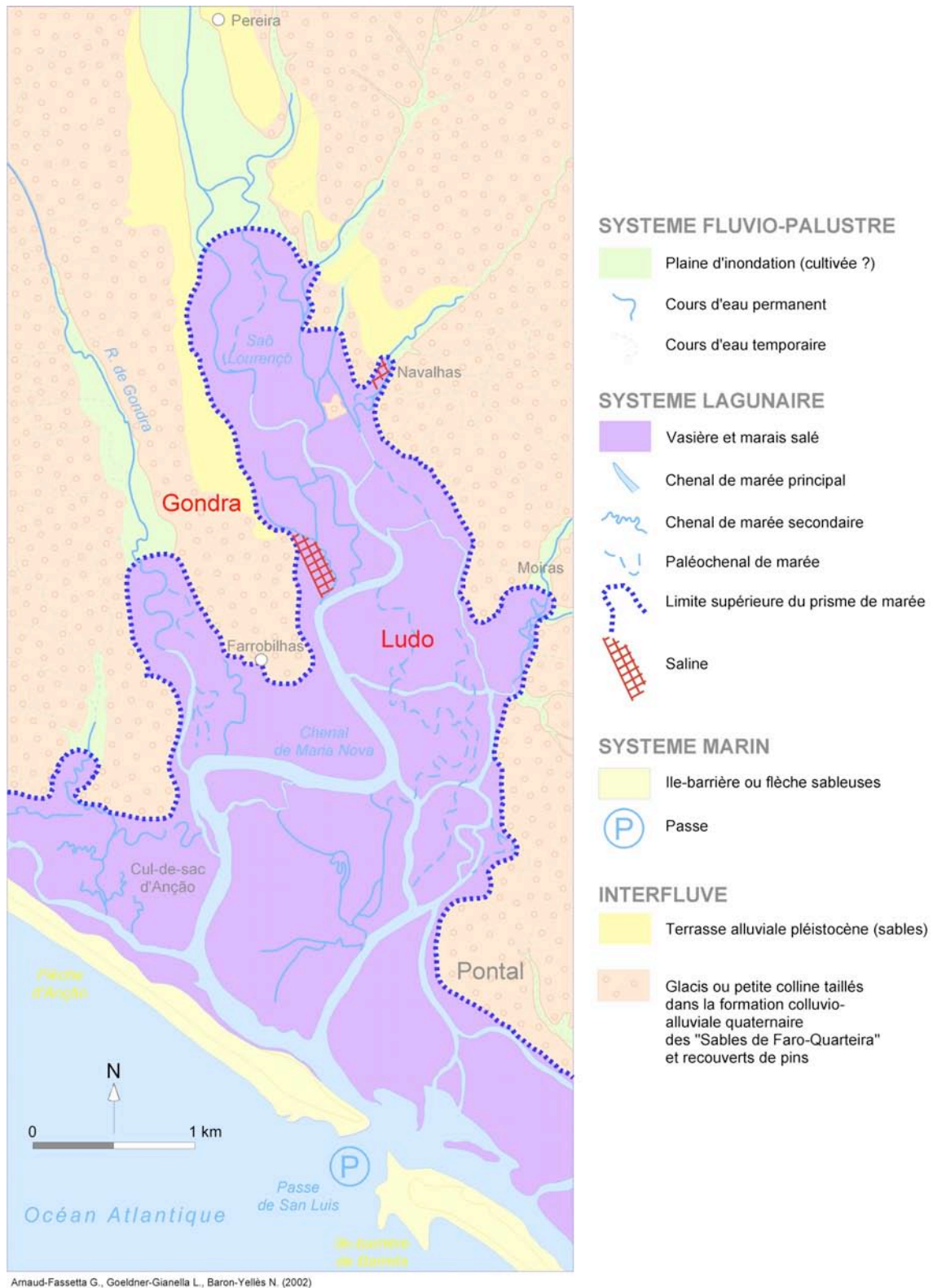


Figure 3 : Le Paléoenvironnement des rias de Ludo et de Gondra au XVIII^e-XIX^e siècles.

Cependant, la saliculture n'en est encore qu'à ses débuts, réduite à quelques salines implantées dans la ria du Ludo, ce qui reste sans commune mesure avec l'extension qu'elles connaîtront plus tard.

2. Des XVIII^e-XIX^e siècles à 1972 : chronique d'une mise en valeur inachevée

2.1. Un projet classique de conquête d'un marais lagunaire

La première grande transformation des marais lagunaires date de la fin du XVIII^e siècle et de 1822. Deux digues, respectivement construites en travers des vallées de Gondra et du Ludo, ont permis d'intensifier la mise en valeur agricole des secteurs situés plus en amont. Mais les travaux qui ont véritablement modifié la physionomie et le fonctionnement de cette zone humide ont été entrepris aux tournants des XIX^e-XX^e siècles et ont consisté en une vaste opération d'endiguement, permettant la conquête de 590 ha. L'ingénieur chargé des travaux a relaté - dans une note dépourvue de référence exacte - les différentes étapes de cette conquête, fournissant des informations utiles sur ses enjeux et sa réalisation.

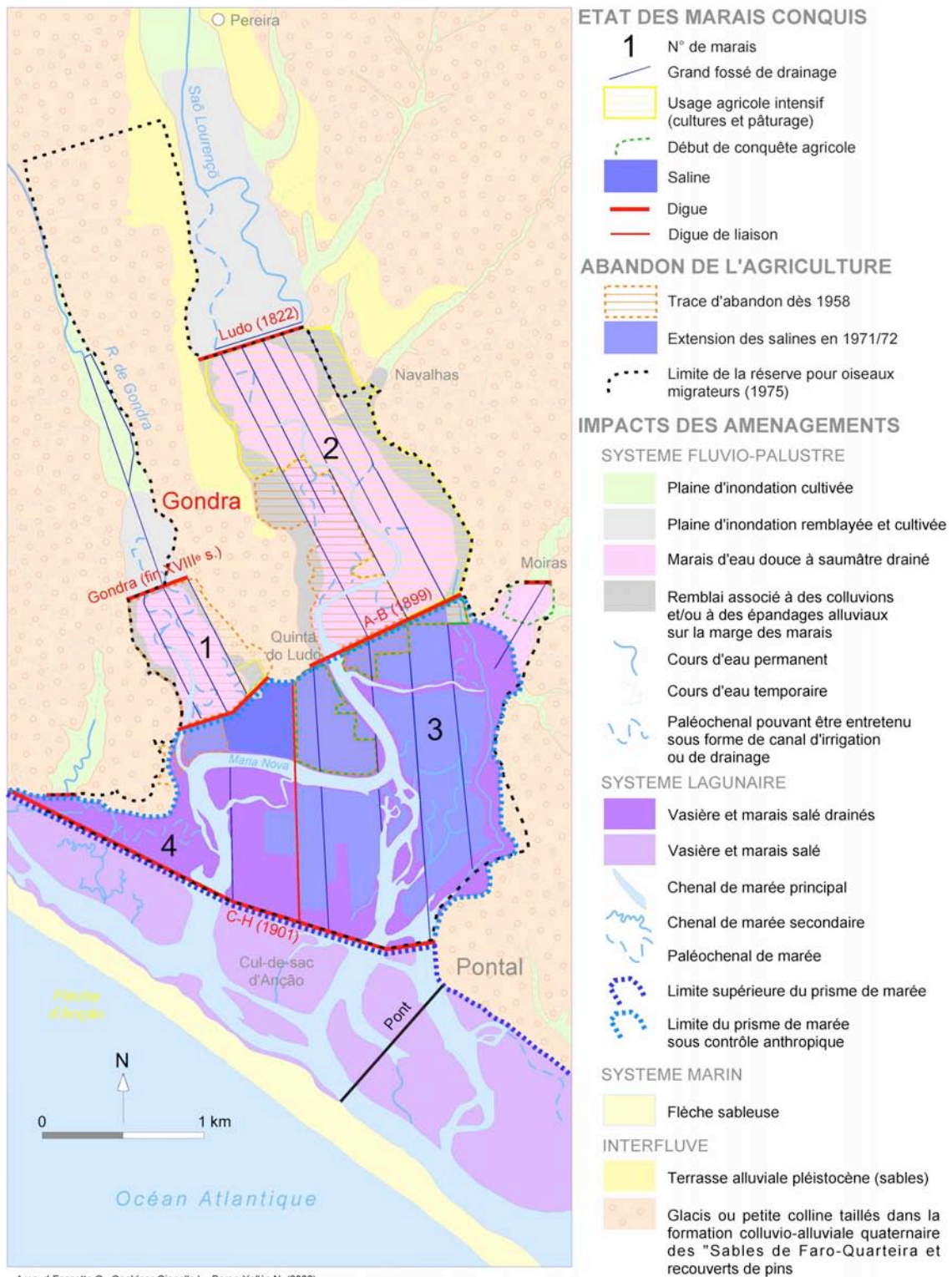
C'est par un décret de 1884 que l'Etat portugais a accepté de donner en concession 7 400 ha de marais, situés dans la partie occidentale de la lagune, à toute entreprise prête à endiguer et à mettre en culture l'espace conquis [SIL 1885]. Cette concession comprenait entre autres les marais du Golfe de Saõ Lourençõ, qui forment l'actuel "Domaine du Ludo". En ce lieu, quatre digues ont été construites entre 1899 et 1901 (digue de Gondra, digue A-B, digue de liaison et digue C-H), compartimentant l'ancien "golfe" en quatre cellules, respectivement appelées "marais 1" (50 ha), "marais 2" (190 ha), "marais 3" (240 ha) et "marais 4" (110 ha) (figure 4). Cette conquête s'est avérée des plus classiques, tant sur le plan des finalités attendues (augmenter la production agricole) que des moyens financiers, techniques et humains employés : succession de plusieurs concessionnaires, main d'œuvre nombreuse, présence d'un ingénieur spécialisé, utilisation d'un train pour transporter les matériaux sur le terrain, etc. L'ingénieur en chef ne cesse d'ailleurs d'évoquer l'ampleur et la grandeur de cette œuvre de domination de la nature, similaire aux grands travaux de poldérisation entrepris à la même époque en Europe du nord-ouest [BAR 01b]. Cette vaste entreprise pourrait pourtant surprendre, car elle s'est produite dans un pays alors particulièrement sous-développé, dont l'agriculture, très archaïque, était encore complètement dépendante des conditions naturelles [FON 85].

Et pourtant, l'endiguement de ces 6 km² de marais lagunaires a été rapidement opéré et s'est accompagné d'une réelle valorisation agricole : drainage intensif, achat de matériel moderne, construction de bâtiments, etc. (figures 4, 6A, 6B). L'ingénieur responsable des travaux désirait mettre en place une agriculture pionnière, mécanisée et productive. Mais du fait d'un manque de sources, on ne sait pas ce qu'il est advenu de ce domaine entre 1901 et 1958, date à laquelle une photographie aérienne nous révèle une surprenante évolution.

2.2. La mise en valeur agricole : les raisons d'un semi-échec

La photographie aérienne de 1958 montre qu'une mise en valeur de la partie nord a bien été entreprise. On y distingue le réseau de drainage - qui couvre en réalité les quatre marais -, le parcellaire agricole, étroit et divisé en "lames de parquet" du fait de la densité des fossés de drainage, la mise en culture des doigts de gants latéraux et l'extension du parcellaire agricole au sud de la digue intermédiaire, comme si la conquête agricole des marais méridionaux était alors en cours (figure 4).

Toutefois, cette exploitation montre déjà des signes de déclin. En effet, seule la moitié nord du domaine est alors mise en valeur et, au sein même des espaces cultivés, on distingue des zones anciennement drainées qui paraissent avoir été abandonnées - ou qui ne sont plus vouées qu'à l'élevage - : l'ensemble du marais 1, quelques secteurs du marais 2 et les extensions des marais 3 et 4 (figure 4). Ainsi, seul un quart des marais conquis est réellement mis en valeur à la fin des années 1950. Cette impression d'abandon est corroborée par l'évolution ultérieure du site. En 1975, le Ministère de l'Agriculture lui attribue en effet le statut de "zone de protection permanente des oiseaux migrateurs" (figure 4). Enfin, cet abandon de l'agriculture, clairement notifié sur la carte d'usage du sol publiée par le PNRF en 1986, est parfaitement visible sur l'image satellite de 1987.



L'échec inattendu de l'exploitation agricole s'explique par des raisons socio-économiques et, en premier lieu, par le faible développement de l'agriculture sous le régime salazariste (1928-1968). Certains chercheurs estiment en effet que celle-ci a connu durant 40 ans "une politique de non-développement" et qu'elle a même été "abandonnée à son sort" après la Seconde Guerre mondiale, du fait de la priorité alors accordée à l'industrie et aux guerres coloniales [POI 83]. Cette inertie aurait également permis au régime de conserver l'appui des grands propriétaires. Ces difficultés ont été plus accentuées au sud du pays et notamment dans la région de Faro, encore très peu développée dans les années 1970 [CAV 88].

Fuyant ces difficultés, la population active agricole a recherché des conditions de travail et de vie plus faciles, en milieu urbain ou à l'étranger. En Algarve, c'est même l'ensemble de la population qui a décliné jusque dans les années 1970. Or, ce puissant exode rural n'est pas allé de pair, comme ailleurs en Europe, avec une modernisation de l'agriculture ; il a contribué au contraire au maintien de l'inertie séculaire et a eu d'importantes conséquences pour le fonctionnement des grands domaines latifundiaires. Ceux-ci ont connu un manque de main d'œuvre, le recul du fermage et du métayage et une augmentation parallèle des salaires, alors même que les prix restaient très bas et que la journée de travail était réduite. Ils ont ainsi perdu de leur rentabilité et de leur valeur et ont généralement été transformés, lorsque l'intensification n'y fut pas possible, en zones d'agriculture extensive, en bois, en réserves de chasse ou en espaces protégés [CAV 88 ; BAP 88]. On retrouve un peu de tout cela dans le Ludo avec la création d'une réserve naturelle, le maintien d'un pâturage ovin extensif et le passage à une activité économique plus rentable.

En effet, les marais du Ludo ont été peu à peu voués à l'exploitation du sel [CHA 01], devenant ainsi plus représentatifs du reste de la lagune. La Ria Formosa a effectivement connu, sur sa rive interne, un développement important de l'activité salicole, venue prendre le relais des activités agricoles au moins jusque dans les années 1980. Et dans les marais du Ludo et de Gondra, c'est bien au moment où l'agriculture décline que de grandes salines sont construites, au début des années 1970, dans les marais 3 et 4 (figure 4). Ces salines couvrent alors 170 ha et sont mécanisées et hautement productives (production actuelle de 10 000 t/an de sel).

Ainsi, les marais du Ludo et de Gondra, déjà originaux pour l'ampleur des aménagements qui y ont été entrepris par rapport au reste de la lagune et même à l'ensemble du pays, se distinguent aussi par l'inachèvement de leur mise en valeur et la mutation profonde des milieux à laquelle cette longue histoire a conduit.

2.3. De profondes transformations hydro-géomorphologiques et paysagères

Plusieurs générations de digues, mises en place entre la fin du XVIII^e siècle et 1901, puis le développement des activités agricoles jusqu'aux années 1970, ont entraîné dans les rias du Ludo et de Gondra de profondes transformations hydro-géomorphologiques, que l'on peut qualifier de métamorphose paysagère (figure 4). Celle-ci s'exprime surtout par une substitution des milieux salés/saumâtres à des milieux amphibies plus doux ou franchement terrestres, avec des gradients amont-aval de salinité et d'hydromorphie qui justifient un découpage en trois zones.

Construites aux limites supérieures du prisme de marée, les deux premières digues [Gondra (fin XVIII^e siècle) ; Ludo (1822)] ont produit dans les fonds de vallée un discontinuum longitudinal remarquable, tant au niveau du réseau hydrographique que des transferts d'eau et de sédiments.

L'étanchéité des digues a conduit à dissocier eaux douces (en amont) et eaux saumâtres à salées (en aval). En amont des deux digues, l'environnement a évolué très rapidement d'une lagune estuarienne à un milieu dulcicole fonctionnant comme plaine d'inondation fluviale le plus souvent drainée et mise en culture. Les fonds de vallée ont connu un exhaussement significatif, d'une part car les digues ont joué un rôle d'obstacle transversal quasi infranchissable par les apports détritiques provenant de l'amont lors des crues, d'autre part (et surtout) à cause du remblaiement artificiel des talwegs par du matériel sablo-argileux qui fut extrait des carrières ouvertes sur les versants de la vallée du Saõ Lourençõ. La réalisation de plusieurs sondages superficiels à la tarière a permis d'estimer le volume du remblaiement artificiel, depuis la digue du Ludo (1822) jusqu'à la limite amont du prisme de marée avant l'aménagement du fond de vallée. En considérant une surface de 0,56 km² et une épaisseur moyenne de 30 cm, on estime à 170 000 m³ le volume de matériaux qui a été nécessaire pour assécher et bonifier l'ancien marais salé.

Enfin, le maintien et l'entretien de certains paléochenaux, sous forme de canaux de drainage ou d'irrigation, et le remblaiement artificiel d'un petit nombre seulement de cours d'eau n'ont conduit qu'à une légère réduction de la densité de drainage en amont des digues. En aval, les chenaux ont été déconnectés de leur bassin-versant (ex. : le Saõ Lourenço), provoquant ainsi une réduction des apports en sédiments fins (argiles) dans les bassins lagunaires de la Ria Formosa.

Dans la zone intermédiaire (marais 1 et 2), la métamorphose paysagère s'exprime différemment, avec la substitution cette fois des vasières et marais salés aux marais dulcicoles à saumâtres (figures 6C, 6D). Cette métamorphose, rapide (moins d'un siècle), s'est faite grâce à l'étanchéité de la digue de Gondra (1899) et de la digue A-B (1899). Cette étanchéité a du reste été vérifiée par nos propres mesures de salinité réalisées à partir de prélèvements d'eau effectués en mars 2001 de part et d'autre de la digue A-B (1899). Les résultats ont montré que le taux de salinité des eaux en amont de l'ouvrage était de 0,43 ‰ alors qu'il atteignait 105 ‰ en aval.

Suite à la mise en place des digues, la zone amont (marais 1 et 2) a été définitivement déconnectée des entrées d'eau lagunaire. Les échanges amont-aval se sont considérablement taris, renforçant ainsi la tendance au déficit sédimentaire amorcée dès le début du XIX^e siècle (cf. *supra*). De même, la fermeture ou le court-circuitage de nombreux chenaux ont entraîné une réduction sévère de la densité de drainage, qui passe de 5,1 km/km² (XVIII^e-XIX^e siècles) à 1,6 km/km² (1972) ; quelques rares paléochenaux ont été entretenus sous forme de canal de drainage ou d'irrigation. Par ailleurs, des opérations de drainage - la mise en place d'un réseau de canaux en particulier - ont été entreprises très rapidement dans les fonds de vallée - en fait deux à trois mois après la construction des digues -, afin de permettre leur mise en culture ou le développement des zones de pâture.

Signalons enfin que la multiplication des zones d'extraction de matériaux nécessaires à la construction des digues, associée à la fréquentation déjà importante du lieu, a été à l'origine d'une altération des interfluves (colluvionnement, ravinement).

Dans la zone aval (marais 3 et 4), la métamorphose paysagère a été toute aussi marquée, avec l'extension massive des salines et des canaux de drainage dans les vasières et les marais salés. Les opérations de drainage, en limitant considérablement la durée de submersion des schorres, ont conduit à une réduction du volume des suspensions organo-minérales fines qui participaient auparavant aux phénomènes d'accrétion dans les marais.

L'autre composante de la transformation paysagère concerne la réduction des surfaces parcourues par les chenaux de marée, qui s'est faite en réponse à l'extension des zones de saliculture. Le réseau hydrographique a été réduit à quelques chenaux seulement, pour une densité de drainage estimée en 1972 à 3,4 km/km², contre 4,4 km/km² aux XVIII^e-XIX^e siècles. La réduction du nombre de chenaux, associée au déficit sédimentaire provoqué par la mise en place des digues en amont, ont finalement abouti à l'approfondissement, l'élargissement et l'érosion des berges des chenaux restants (ex. : chenal de Maria Nova).

En aval de la digue C-H (1901), la situation nouvelle du Cul-de-sac d'Anção, désormais plus éloigné de la passe de San Luis (fermée à la fin du XIX^e siècle), dépourvu de toute possibilité d'alimentation sédimentaire par l'amont et soumis à l'effet de chasse produit par des courants de jusant puissants, a favorisé l'élargissement des chenaux, au détriment des surfaces occupées par les marais salés (figure 6E). Ainsi, l'érosion des schorres apparaît déjà comme un phénomène d'actualité lorsque s'amorce la phase de développement touristique des années 1970.

3. Un développement touristique menaçant depuis les années 1970

3.1. Une zone protégée, mais abandonnée à son sort

Cette grande variété de milieux rend ces marais particulièrement attractifs pour une faune et une flore très diversifiées [BAW 01] et explique que le Ludo bénéficie à divers titres, depuis les années 1970/80, du statut d'espace naturel protégé ("zone de protection permanente des oiseaux migrateurs" en 1975, réserve de protection des animaux" en 1978, site Ramsar en 1980, etc.) (figure 6D). Des comptages effectués entre 1992 et 1995 ont montré que plus de 10 000 oiseaux fréquentaient chaque hiver cette zone humide. On y dénombre près de 200 espèces différentes, dont un quart au moins sont des oiseaux migrateurs protégés au titre de la directive européenne Oiseaux. En outre, le statut de

"réserve naturelle" qui lui a été conféré en 1991 en fait également une des zones les plus protégées du PNRF (fondé en 1987), où l'usage des ressources naturelles est interdit (figure 5). Or, aucune mesure de gestion n'est appliquée dans cette réserve - comme cela devrait être le cas -, car la zone humide est pratiquement "abandonnée à son sort".

Cette situation étonnante résulte du fait que le PNRF n'est pas le propriétaire du site et que les relations entre ce dernier et le Parc se sont peu à peu détériorées, du fait d'un long différent juridique. L'Etat portugais a effectivement tenté de récupérer une partie de la concession du Ludo en 1984, au terme de ses cent ans d'existence, dans l'intention d'y installer une station d'aquaculture. Le propriétaire s'est opposé à l'expropriation et au terme de quelques années de procédures, de retards et de complications, l'affaire a été portée en 1995 devant la Cour Européenne des Droits de l'Homme. Celle-ci a refusé l'expropriation et a obligé l'Etat à indemniser le propriétaire pour les préjudices subis. Il résulte de cette situation conflictuelle une complète absence de gestion des marais (figure 5), alors même que des activités relativement nuisibles s'y produisent - extension des salines sur 35 ha, à la fin des années 1980, et exploitation semi-industrielle du sel ; "brûlis" pratiqués dans le marais 2 pour favoriser le pâturage extensif. Par ailleurs, une vaste phragmitaie peu attractive pour l'avifaune tend à s'étendre dans le marais dulcicole et ce dernier risque d'être partiellement converti en terrain de golf!

3.2. La menace répétée du développement touristique

Le Ludo jouxte, à l'ouest, un ancien grand domaine agricole qui a été vendu il y a une trentaine d'années à la société "Quinta do Lago". Celle-ci a complètement réaménagé le site pour en faire, depuis 1972, une station touristique haut de gamme, axée sur la pratique du golf. La réussite de Quinta do Lago, sur les plans paysager et architectural, a entraîné la création d'autres stations de ce type, dont celle de "Pinheiros Altos", qui est en contact direct avec les marais du fait de la création en 1992 d'un golf de 18 trous dans l'ancienne ria cultivée de Gondra et sur la marge nord-est du marais 2 (figures 5, 6F). L'histoire des marais de Gondra et du Ludo a ainsi pris un nouveau tournant. De surcroît, dans les années 1990, cette station souhaitait étendre ses parcours de golf dans les marais du Saõ Lourenço : ces aménagements auraient touché soit la zone humide nord, soit les salines et le schorre de la partie méridionale (figure 5). Le PNRF s'est opposé à ces projets.

Actuellement, les marais du Ludo sont sous la menace d'une nouvelle extension touristique, proposée cette fois par une société anglo-saxonne, qui souhaite elle aussi y implanter un golf de 18 trous. Celui-ci couvrirait une partie du marais 2 et un verger d'agrumes situé sur sa marge nord-est (figure 5). Le PNRF ne s'est pas encore prononcé - attendant les résultats de l'étude d'impact -, mais il devrait tenter de s'opposer à cette extension, au moins dans la zone humide. Il est moins sûr qu'il cherche à conserver le verger, les "pratiques culturelles" d'un golf ne différant pas grandement de celles d'un verger (usage massif d'engrais, irrigation importante). En ce sens, les menaces déjà lourdes qui pèsent sur cet hydrosystème pourraient encore s'accroître.

3.3. Des marais de plus en plus menacés sur le plan bio-hydrologique

Dès le début des années 1970, le paysage fluvio-lagunaire du Ludo et de Gondra a effectivement pris une nouvelle physionomie, avec le développement des activités touristiques et de l'agriculture irriguée. Les principaux changements observés concernent tout autant le réseau hydrographique que la qualité des eaux et le bilan hydrique des marais (figure 5).

Partout, le réseau hydrographique a été réduit *a minima* et la plupart des cours d'eau ont été chenalisés. Cette chenalisation se marque dans la zone fluvio-palustre par une contraction des lits mineurs (ex. : zone amont de la vallée du Saõ Lourenço), opérée dans le but premier d'augmenter les surfaces cultivées ou aménagées, et dans la zone lagunaire par un élargissement des chenaux (ex. : chenal de Maria Nova). Parfois même, les eaux fluviales ont servi à la création de lacs artificiels. La rétention de l'eau douce dans les lacs du golf de Gondra a ainsi permis l'installation de nouvelles salines dans le marais 1 en aval et le prisme de marée a repris l'ancienne extension qu'il occupait aux XVIII^e-XIX^e siècles (figure 6F). Par ailleurs, la réduction de la densité de drainage et les nombreuses discontinuités amont-aval ont naturellement contribué à tarir presque définitivement les sources d'apports sédimentaires provenant du bassin-versant.

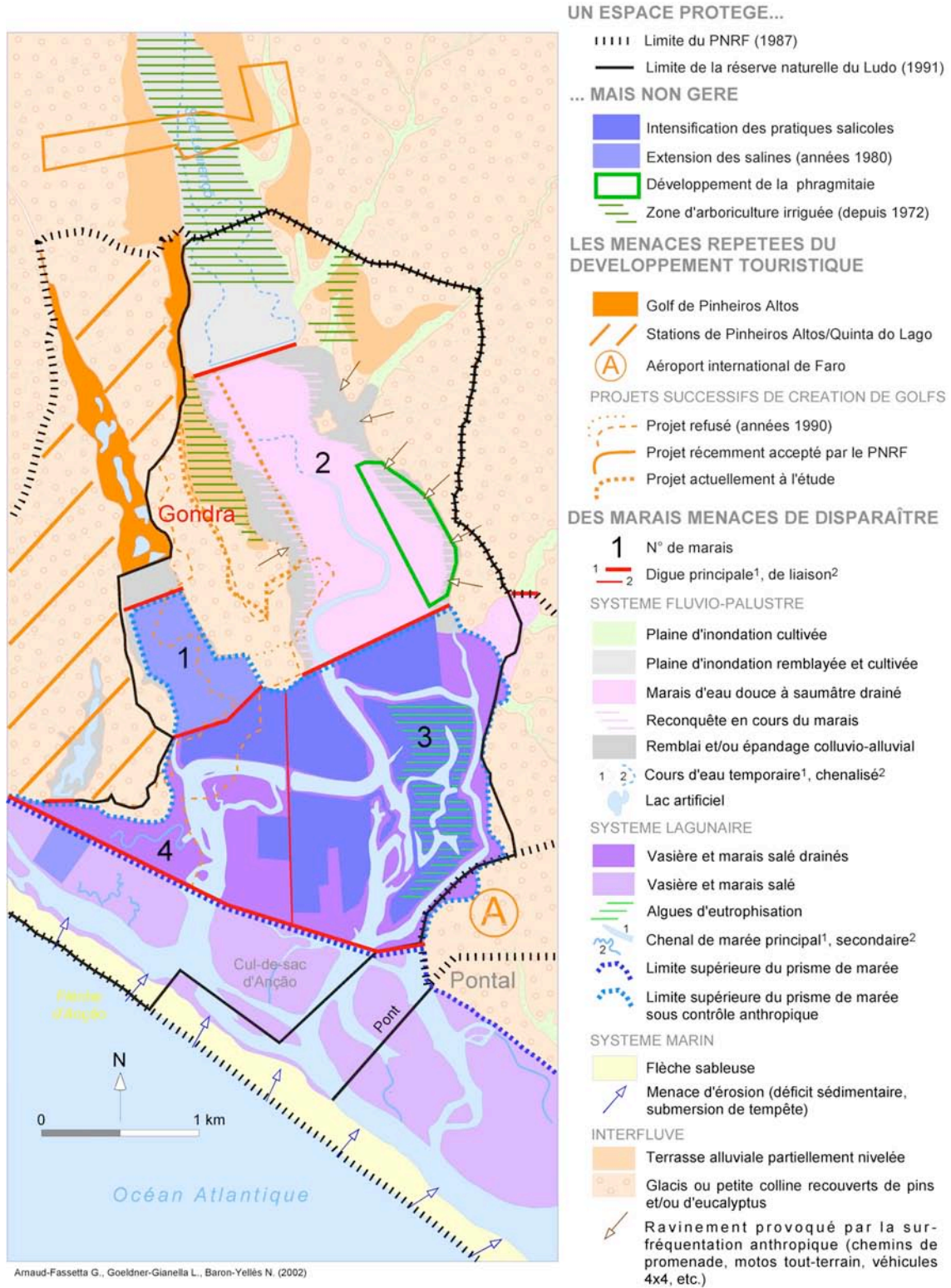


Figure 5. L'impact du développement touristique et de l'agriculture intensive sur l'environnement des rias du Ludo et de Gondra depuis 1972. Les données relatives à l'utilisation du sol et à l'environnement ont été obtenues à partir de l'interprétation des images-satellites SPOT de 1987 et 1997, complétée par des relevés de terrain et des données du PNRF.

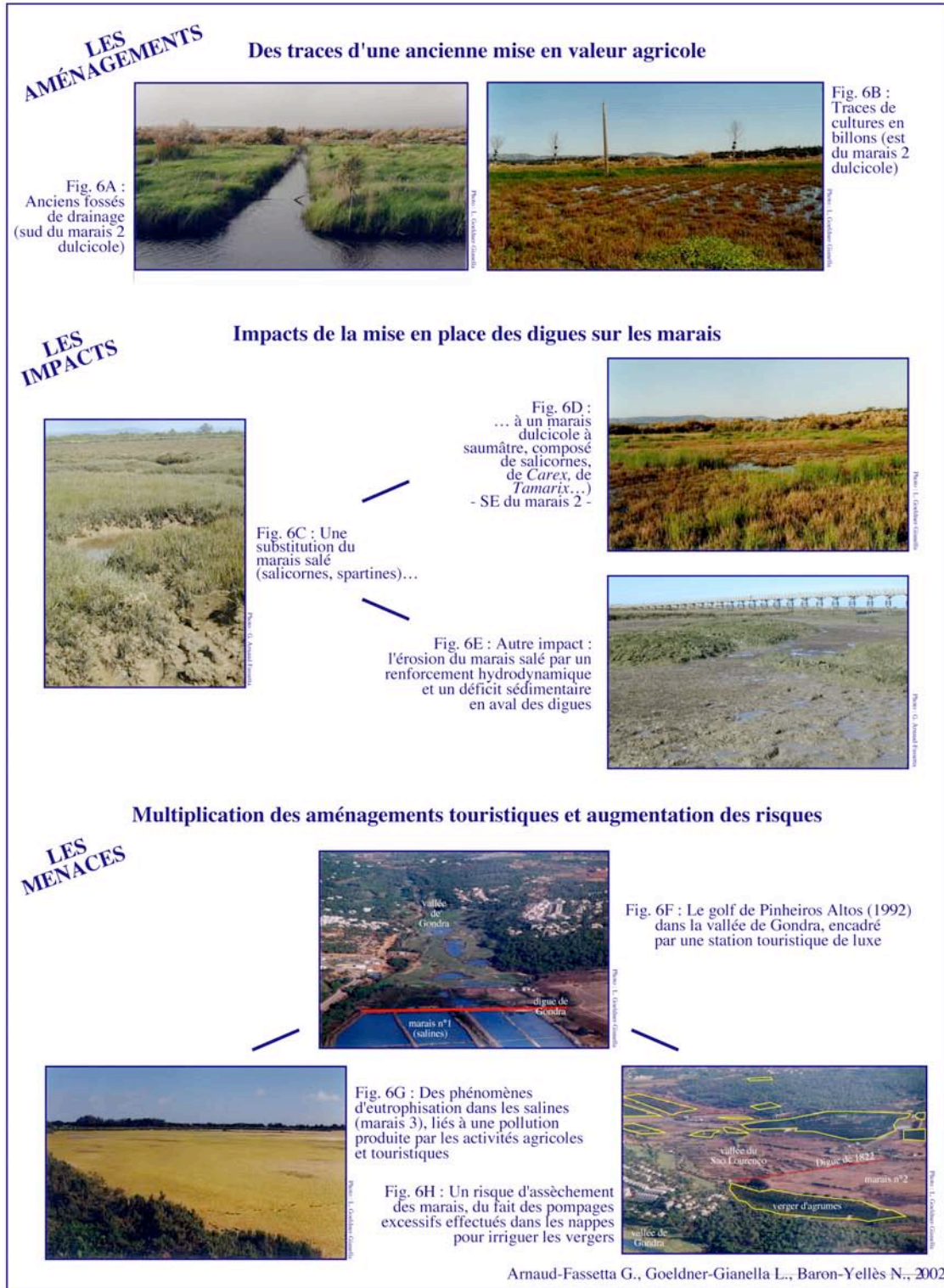


Figure 6. Aménagement et transformation des marais du Ludo et de Gondra. A. Anciens fossés de drainage. B. Traces de cultures en billons. C. Une substitution du marais salé... D. ... à un marais dulcicole à saumâtre. E. L'érosion du marais salé par renforcement hydrodynamique et déficit sédimentaire en aval des digues. F. Le golf de Pinheiros Altos (1992). G. Des phénomènes d'eutrophisation dans les salines. H. Un risque d'assèchement des marais du fait des pompages effectués dans les nappes pour irriguer les vergers.

Aujourd'hui, le transit sédimentaire est par exemple totalement interrompu dans la vallée de Gondra. En fait, les seuls apports mis en place depuis 30 ans dans les plaines alluviales correspondent à des remblaiements artificiels qui, généralement, ont précédé les phases de mise en culture des champs d'inondation (ex. : zone amont de la vallée du Saõ Lourenço) ou de construction des golfs (ex. : zone amont de la vallée de Gondra).

Mais une contrainte plus vive encore menace aujourd'hui l'hydrosystème : il s'agit des risques de pollution et de sur-exploitation des eaux douces superficielles et souterraines. Depuis plusieurs années, les eaux superficielles et les systèmes aquifères des rias du Ludo et de Gondra sont en effet le siège d'une pollution diffuse, due à l'utilisation massive de produits fertilisants et de pesticides dans les golfs et dans les zones de cultures intensives (arboriculture irriguée). Si l'on ajoute à cela les rejets des troupeaux dans les zones de pâture, on conçoit assez facilement que les teneurs en nitrates des eaux superficielles et souterraines soient très élevées, comprises entre 19,4 mg/l et 26,9 mg/l [HEN 93]. Ces teneurs excèdent celles généralement mesurées dans d'autres "espaces naturels" et dépassent même la limite maximale admise par le décret-loi n°74/90 (07/03) relatif aux eaux destinées à la consommation humaine. Par voie de conséquence, la pollution de l'ensemble de l'hydrosystème (marais, lagune) par les nitrates, mais aussi par les phosphates, a conduit à la prolifération des algues eutrophisantes, phénomène aujourd'hui nettement perceptible dans le marais 3 (figure 6G). Ainsi, la contamination croissante des eaux apparaît comme un élément hautement perturbateur de la chaîne trophique des marais. Et si le site ne souffre pour l'instant pas d'un réel déficit hydrique, il est certain que la multiplication des formes de pompage dans l'eau des aquifères et des marais dulcicoles (irrigation au goutte-à-goutte des vergers, golfs, stations de Pinheiros Altos et de Quinta do Lago) pourraient à terme devenir un problème très difficile à gérer (figure 6H).

Pour finir, si le développement des activités touristiques a eu un impact non négligeable sur les marais, l'agriculture intensive et la multiplication des aménagements sur les interfluves, associée à leur forte fréquentation, ont également eu un coût pour la qualité de l'environnement : nivellement des terrasses alluviales, dégradation des forêts, érosion des sols et phénomènes de ravinement exacerbés, recrudescence des déchets épars ou concentrés dans des décharges sauvages. Cependant, malgré l'altération profonde du paysage fluvio-palustre et de ses marges, quelques formes de mise en valeur conservatrices de la biodiversité subsistent. Ainsi, les salines du Ludo restent en eau en hiver de façon à pouvoir être utilisées par les oiseaux migrateurs comme zone d'alimentation. Le marais 2, qui connaît désormais une évolution quasi naturelle (pâturage extensif saisonnier), est quant à lui en voie de reconquête, même si la recrudescence des apports latéraux, liée à une intense érosion des sols sur les interfluves, pourrait en limiter son extension, notamment sur sa rive gauche (figure 5).

Conclusion

Les sites du Ludo et de Gondra ont ainsi connu des transformations environnementales profondes et constantes depuis le début de l'Holocène. Deux métamorphoses sont plus particulièrement mises en évidence, et en premier lieu celle du Néolithique moyen/final (6000 ans BP), au cours de laquelle les processus qui participent au développement des vasières et des marais salés s'intensifient, alors que dans le même temps, l'envolement des vallées fluviales par les eaux marines transforment celles-ci en rias, dont l'origine est le glacio-eustatisme. Dès lors, la morphologie et la dynamique des marais lagunaires n'auront de cesse d'évoluer, sous l'impulsion croisée des facteurs tectoniques, climatiques et anthropiques.

Pourtant, il faut attendre les Temps Modernes (XVIII^e et XIX^e siècles) pour que survienne une deuxième métamorphose qui aboutit à la fossilisation brutale du paysage lagunaire des rias. Les milieux deviennent en effet résolument plus dulcicoles, voire terrestres en amont, mais hyperhalins en aval. L'origine de cette métamorphose est essentiellement anthropique, liée dans un premier temps au développement des activités agricoles et salicoles en particulier. Puis, le développement des activités touristiques et de l'agriculture intensive à partir des années 1970, va conduire à l'appauvrissement progressif des marais, malgré le maintien de quelques rares formes de mise en valeur conservatrices de leur biodiversité.

Au total, le bilan des atteintes à l'équilibre de l'hydrosystème lagunaire, auquel il faut ajouter les risques qui prévalent actuellement dans le marais du Cul-de-sac d'Anção, liés à l'érosion de la flèche sableuse d'Anção - sa frange littorale recule depuis 50 ans à la vitesse de 1-2 m/an [BET 94] -, nous amène logiquement à poser la question du devenir des marais

lagunaires et dulcicoles dans cette partie de la Ria Formosa, et à nous demander s'ils ne sont pas condamnés, à court ou moyen termes, à disparaître.

Mais, si tant est qu'ils puissent être sauvegardés, les marais du Ludo et de Gondra connaîtront de toute manière, à l'avenir, des menaces et des tensions exacerbées, les éloignant de plus en plus d'un développement durable. Il suffit, pour s'en convaincre, d'évoquer les futurs projets de développement touristique de l'Algarve, qui compte créer cinquante nouveaux golfs dans les prochaines décennies - sur le modèle de ceux qui "encerclent" déjà ces marais - et qui envisage de faire de l'aéroport international de Faro, implanté sur la marge sud-ouest du marais 3, le premier du pays devant celui de Lisbonne.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme CNRS/APN 2000-2002 "Dynamique évolutive et utilisation d'un marais lagunaire d'Europe occidentale : la Ria Formosa (Algarve, Portugal)", coordonné par Frédéric Bertrand (Université Paris-1 Panthéon-Sorbonne, UMR-8586 CNRS-PRODIG). Les auteurs tiennent à remercier le Parc Naturel de la Ria Formosa pour la mise à disposition des photographies aériennes et de certaines références bibliographiques, Robert Davidson (Université de Caen Basse-Normandie, UMR-6554 CNRS), pour les mesures de salinité qu'il a effectuées, ainsi que Stéphane Costa (Université de Caen Basse-Normandie, UMR-6554 CNRS) et les étudiants en géographie Vincent Bawedin (DEA, Lille-1), Emilie Chauvin (Maîtrise, Paris-1) et Thomas Vanderstraeten (Maîtrise, Lille-1), pour leur aide efficace apportée sur le terrain.

Références bibliographiques

- [ABE 26] ABECASSIS D., *"Estudo general económico et técnico dos portos do Algarve"*, Junta Autónoma do Porto de Vila Real de Santo António, 1926.
- [ABE 61] ABECASSIS C., *"As formações lagunares e seus problemas de engenharia litoral. Contribuição para um estudo sistemático"*, Inst. Superior Técnico, Lisbonne, rapport non publié, 1961.
- [AND 90] ANDRADE C., *"O ambiente de barreira da Ria Formosa (Algarve, Portugal)"*, thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Lisbonne, 652 p., 1990.
- [BAP 88] BAPTISTA F.O., "L'agriculture portugaise", *Annales de Géographie*, n°541, p. 259-274, 1988.
- [BAR 01a] BARON-YELLES N., ARNAUD-FASSETTA G., BELTRANDO G., BERTRAND F., COSTA S. et GOELDNER-GIANELLA L., "Enjeux et limites de la gestion d'un parc naturel littoral en Europe du sud : marais maritimes et îles-barrières de la Ria Formosa (Algarve, Portugal)", *L'Espace Géographique*, sous presse.
- [BAR 01b] BARON-YELLES N. et GOELDNER-GIANELLA L., *"Les marais maritimes d'Europe atlantique"*, coll. Géographies, Presses Universitaires de France, Paris, 294 p., 2001.
- [BAW 01] BAWEDIN V., *"Les marais du Saõ Lourenço dans la lagune de la Ria Formosa (Algarve, sud du Portugal) : mise en place puis évolutions physiques et environnementales depuis le XVIII^e siècle"*, mémoire de DEA, Université des Sciences et Technologies de Lille-1, 93 p., 2001.
- [BEL 88] BELCHIOR J.L., *"Faro e a Ria Formosa"*, édité par l'auteur, Faro, 1988.
- [BER 00] BERTRAND F., ARNAUD-FASSETTA G., BARON-YELLES N., BELTRANDO G., COSTA S. et GOELDNER-GIANELLA L., *"Dynamique évolutive et utilisation d'un marais lagunaire d'Europe occidentale : la Ria Formosa (Algarve, Portugal)"*, projet CNRS/APN 2000-2002, 23 p. + annexes, 2000.
- [BER 01] BERTRAND F., COSTA S. et BELTRANDO G., "Complexité et vulnérabilité de l'hydrosystème lagunaire de la Ria Formosa", actes du Colloque *Hydrosystèmes, Paysages, Territoires*, 6-8 septembre 2001, Lille, CD-Rom, 2001.
- [BET 94] BETTENCOURT P., *"Les environnements sédimentaires de la côte Sotavento (Algarve, Portugal) et leur évolution holocène et actuelle"*, thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Bordeaux-1, vol. 1 289 p., vol. 2 146 p., 1994.
- [CAB 90] CABELEIRA H. et FERNANDES J.C., *"Occupação actual do Solo"*, rapport interne du Parc Naturel de la Ria Formosa, 6 p., 1990.
- [CAB 93] CABRAL J., *"Neotectónica de Portugal Continental"*, thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Lisbonne, 435 p., 1993.
- [CAV 88] CAVACO C., "Léthargie et mutation de l'agriculture portugaise, quelques aspects structuraux et spatiaux", *Annales de Géographie*, n°541, p. 275-290, 1988.

- [CHA 01] CHAUVIN E., "Aménagement et évolution des marais internes de la Ria Formosa : apports des données de terrain et de la télédétection dans le cas du Ludo", mémoire de Maîtrise, Université de Paris-1 Panthéon-Sorbonne, 164 p., 2001.
- [DIA 92] DIAS J.A. et TABORDA R., "Tide-gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal", *Journal of Coastal Research*, n°8, p. 655-659, 1992.
- [FAI 80] FAIRBRIDGE R.W., "The estuary : its definition and geodynamic cycle", in (Olausson E. et Cato I. eds.) *Chemistry and Biochemistry of Estuaries*, Wiley, New-York, p. 1-35, 1980.
- [FER 90] FERNANDES J.C., "*Possível ocupação da Herdade do Ludo*", rapport interne du Parc Naturel de la Ria Formosa, 29 p., 1990.
- [FON 85] FONSECA C., "L'outillage et l'encadrement technico-scientifique dans l'agriculture portugaise de la fin du XIX^e siècle", in (Bourdon A. et al. eds.) *Les campagnes portugaises de 1870 à 1930 : image et réalité*, actes du Colloque d'Aix-en-Provence, 2-4 décembre 1982, Fondation Gulbenkian, Paris, 378 p., 1985.
- [GRA 84] GRANJA H., "*Etude géomorphologique, sédimentologique et géochimique de la Ria Formosa (Algarve, Portugal)*", thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Bordeaux-1, 276 p., 1984.
- [GUI 79] GUILLEMOT E., "*Le littoral de la région de Faro. Etude de la morphologie littorale*", mémoire de DEA, Université de Paris-4 Sorbonne, 111 p., 1979.
- [HEN 93] HENRIQUES I., "*Avaliação da poluição difusa na bacia hidrográfica da ribeira de Saõ Lourençõ*", rapport de l'Université d'Algarve, p. 1-76, 1993.
- [MAR 46] MARTINS F., "A configuração do litoral português no último quartel do sec. XIV", *Biblios*, n°22-1, 1946.
- [NEV 74] NEVES J., "*A formação lagunar do litoral sotaventino do Algarve*", édité par l'auteur, Faro, 1974.
- [OER 85] OERTEL G.F., "The barrier island system", in (Oertel G.F. et Letherman S.P. eds.) *Barrier Islands, Marine Geology*, n°63, p. 1-18, 1985.
- [OLI 78] OLIVEIRA A., "Subsídios para a Localização de Farroilhas. Antigo porto do termo de Loulé", p. 231-271, 1978.
- [PER 14] PEREIRA DE SOUSA, "O megassismo do 1^o de Novembro 1755 em Portugal", *Revista de Obras Públicas e Minas*, f. XLV, 635-636-637, 1914.
- [PIL 89] PILKEY O., NEAL W., MONTEIRO J.H. et DIAS J.A., "Algarve Barrier islands : a non coastal plain system in Portugal", *Journal of Coastal Research*, n°5-2, p. 231-261, 1989.
- [PIN 95] PINTO J.E., "Lagos artificiais : reservas biológicas de aves aquáticas", *Al'ulyã, Revista do Arquivo Histórico Municipal de Loulé*, n°4, p. 147-152, 1995.
- [POI 83] POINARD M., "L'agriculture au Portugal à l'époque de Salazar : une politique de non-développement", *Revue de Géographie des Pyrénées et du sud-ouest*, n°54/4, p. 398-401, 1983.
- [SIL 85] SILVA S.P., "*Considerações acerca dos terrenos da bacia salgada de Faro (denominada Valle Formoso)*", Lisbonne, 65 p., 1885.
- [SNP 92] SNPRCN, "*Projecto Biótopos. Inventário de Sítios de especial interesse para a conservação da natureza*", Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza, Lisboa, 1992.
- [WEI 64] WEINHOLTZ M., "Contribuição para o estudo da evolução das flechas de areia da costa Sotavento do Algarve", *Bull. de la Dir. Gen. Serv. Higráficos*, n°14, 1964.