

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/30435664>

Données nouvelles sur les lobes deltaïques du paléogolfe d'Aigues-Mortes à l'holocène (Petite Camargue, France)

Article in *Quaternaire* · June 2005

DOI: 10.4000/quaternaire.529 · Source: OAI

CITATIONS

6

READS

68

3 authors:



Tony Rey

Paul Valéry University, Montpellier 3

21 PUBLICATIONS 64 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



David Lefèvre

Paul-Valéry Montpellier University

129 PUBLICATIONS 613 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Claude Vella

Centre Européen de Recherche et d'Enseigne...

76 PUBLICATIONS 742 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Phénomènes de rupture et de continuité dans l'organisation de l'espace villageois entre le Néolithique et l'âge du Bronze en Italie et en France méditerranéenne [View project](#)



The archaeological heritage of Casablanca: Development of inventory and promotion sheets [View project](#)

DONNÉES NOUVELLES SUR LES LOBES DELTAÏQUES DU PALÉOGOLFE D'AIGUES-MORTES À L'Holocène (PETITE CAMARGUE, FRANCE)



Tony REY*, David LEFEVRE* et Claude VELLA**

RÉSUMÉ

L'interprétation des dépôts fluvio-deltaïques du paléogolfe d'Aigues-Mortes à l'Holocène met en évidence deux lobes marqués par d'importantes discontinuités intra-deltaïques. Leur analyse s'est essentiellement appuyée sur un nouveau référentiel morphologique élaboré par Bhattacharya et Giosan (2003) qui s'avère efficace dans la caractérisation des processus littoraux et fluviaux. Plusieurs deltas modernes caractérisés par cet indice fournissent un référentiel utile dans la description des formes deltaïques héritées. Le remblaiement du paléo-golfe d'Aigues-Mortes semble postérieur à 2000 BP initié par le chenal de Peccaïs et ses distributaires. Chacun d'eux a construit un système d'embouchure à la morphologie bien spécifique en réponse aux processus hydro-sédimentaires dominants : (1) le lobe cuspidé du Rhône de Peccaïs, (2) un lobe à systèmes d'embouchures déviées mis en place par les bras de La Ville, de Saint Roman et (3) du Rhône Vif dont l'activité a été limitée à une vingtaine d'années. L'ensemble de ces éléments permet d'élaborer une série de scénarii paléo-géographiques appuyée par une chronologie revue et actualisée. Ces résultats complètent les connaissances acquises sur le delta du Rhône jusqu'à ce jour et permettent d'illustrer le comportement deltaïque entre la fin de l'antiquité et le début du Petit Age Glaciaire.

Mots-clés : paléogolfe, delta, Rhône, holocène.

ABSTRACT

NEW DATA OF DELTAS LOBES OF AIGUES-MORTES PALAEO-GULF TO THE HOLOCENE (PETITE CAMARGUE, FRANCE)

The interpretation of the fluvio-deltaic deposits of Aigues-Mortes palaeo-gulf in the Holocene highlights two lobes evidenced by important intra-deltaic discontinuities. The analysis of these deposits was based predominantly on the new morphologic pattern built by Bhattacharya and Giosan (2003) which proves to be efficient in the characterization of the processes. Several modern deltas characterized by this index A provide a useful reference in the description of inherited palaeo-geographic. The shapes of the palaeo-gulf seems to be later than 2000 BP (Vella 2003) initiated by the Peccaïs's channel and its distributaries. Each of them built a delta lobe with a specific morphology in answer to the hydro-sedimentary dominant processes: (1) the cusped lobe of the Rhone of Peccaïs, (2) one lobe to diverted deposited by the ramifications of La Ville, Saint Roman and (3) the Rhone Vif whose activity was limited to about twenty years. These elements enable the elaboration of a set of palaeo-geographical scenarios strengthened by a revised and up to date chronology. These results complete the knowledge acquired on the delta of the Rhone until this day and permit to illustrate the deltaic behavior between the end of the antiquity and the beginning of the little Age of ice.

Key-words: palaeo-gulf, delta, Rhône, holocene.

1 - INTRODUCTION

Le delta est le stade ultime du système fluvial. Sa formation complexe est liée à une multiplicité des facteurs : le régime hydrologique, les courants marins, l'eustatisme (Coleman, 1982). La subsidence et la tectonique compliquent les processus de formation et d'évolution (Orton et Reading, 1993). Les formes issues des processus et des mécanismes de sédimentation déterminent une morphologie spécifique qui devient le reflet et l'expression des dynamiques fluviales et

marines. Des facteurs allocycliques comme les variations du niveau de la mer et les perturbations climato-anthropiques peuvent affecter l'évolution du delta en favorisant la progradation sur l'aggradation ou vice versa ou encore en modifiant le rapport débit liquide / débit solide.

Cet article porte sur la partie occidentale du delta rhodanien afin de présenter les nouvelles données acquises sur la morphologie des lobes hérités et leur évolution depuis près de deux mille ans. L'analyse tentera de les mettre en relation avec l'évolution des

* UMR 5140 CNRS Archéologie des Sociétés Méditerranéennes. Université Paul Valéry - Montpellier III, Route de Mende, BP 5043, 34032 Montpellier cedex. reytony1@hotmail.com, David.lefevre@univ-montp3.fr

** UMR 6635 CEREGE. Université Aix-Marseille I et III, Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence cedex 04. vella@cerege.fr

chenaux. A l'issue de cette analyse une série de scénarii paléo-géographiques appuyée par de nouvelles datations radiocarbone conclura ce travail.

2 - CONSTRUCTION ET ÉVOLUTION DU DELTA DU RHÔNE À L'HOLOCÈNE

2.1 - LES PROCESSUS

Certains auteurs (Collectif Camargue, 1970 ; Boureyre *et al.*, 1970 ; Pons *et al.*, 1979 ; L'Homer *et al.*, 1981) envisageaient que le delta rhodanien se serait formé sous l'effet d'oscillations positives et négatives du niveau marin entre 6650 à 1500 BP marquant les principales étapes d'édification des cordons littoraux en Petite Camargue (L'Homer *et al.*, 1981). Plus récemment, Laborel *et al.* (1994) ont montré que l'élévation du niveau marin a été continue depuis 4000 ans BP sans l'existence de mouvements négatifs et Vella (1999) a démontré que depuis 6000 ans la progradation de la plaine deltaïque est compatible avec une relative élévation du niveau marin plus ou moins discontinue. Outre les variations eustatiques, Arnaud-Fassetta (1998) indique l'importance des distributaires et des chenaux dans la construction de la plaine deltaïque rhodanienne.

Malgré cela la connexion entre leur fonctionnement hydrologique et la formation des lobes deltaïques reste à réaliser.

Depuis le plateau continental, on distingue deux grandes phases :

a) Une phase d'ingression marine, à partir de $13\,850 \pm 200$ BP (Collina-Girard *et al.*, 1996 ; Berné *et al.*, 2002), permet l'édification d'un cordon littoral (-0 à -100 m) qui se met sur le rebord de la plate-forme. Puis la remontée eustatique édifie des cordons successifs emboîtés migrant vers l'intérieur (Aloisi *et al.*, 1978 ; Gensous et Tesson, 2003).

Vers 7000-6500 av. J.C., le niveau marin atteint le stade onlap maximal. Le rivage se situe sur la rive nord du Vaccarès (L'Homer *et al.*, 1981) et se prolonge jusqu'au sud de l'étang du Scamandre où derrière celui-ci s'étend une vaste lagune saumâtre datée à la base entre 6450 ± 100 (MC-1167 ; Collectif Camargue, 1970) et 6195 ± 115 B.P. (Gda 15610 ; Rey *et al.*, accepté).

b) La deuxième phase est marquée par une progradation du trait de côte suite à un ralentissement de l'élévation du niveau marin (Vella et Provansal, 2000). Plusieurs lobes deltaïques vont se mettre en place pendant cette phase. Le système hydrographique rhodanien se développe vers le sud et chaque branche (Saint Ferréol, Ulmet Albaron-Peccais) développe un système d'embouchure (Provansal *et al.*, 2003) (fig. 1).

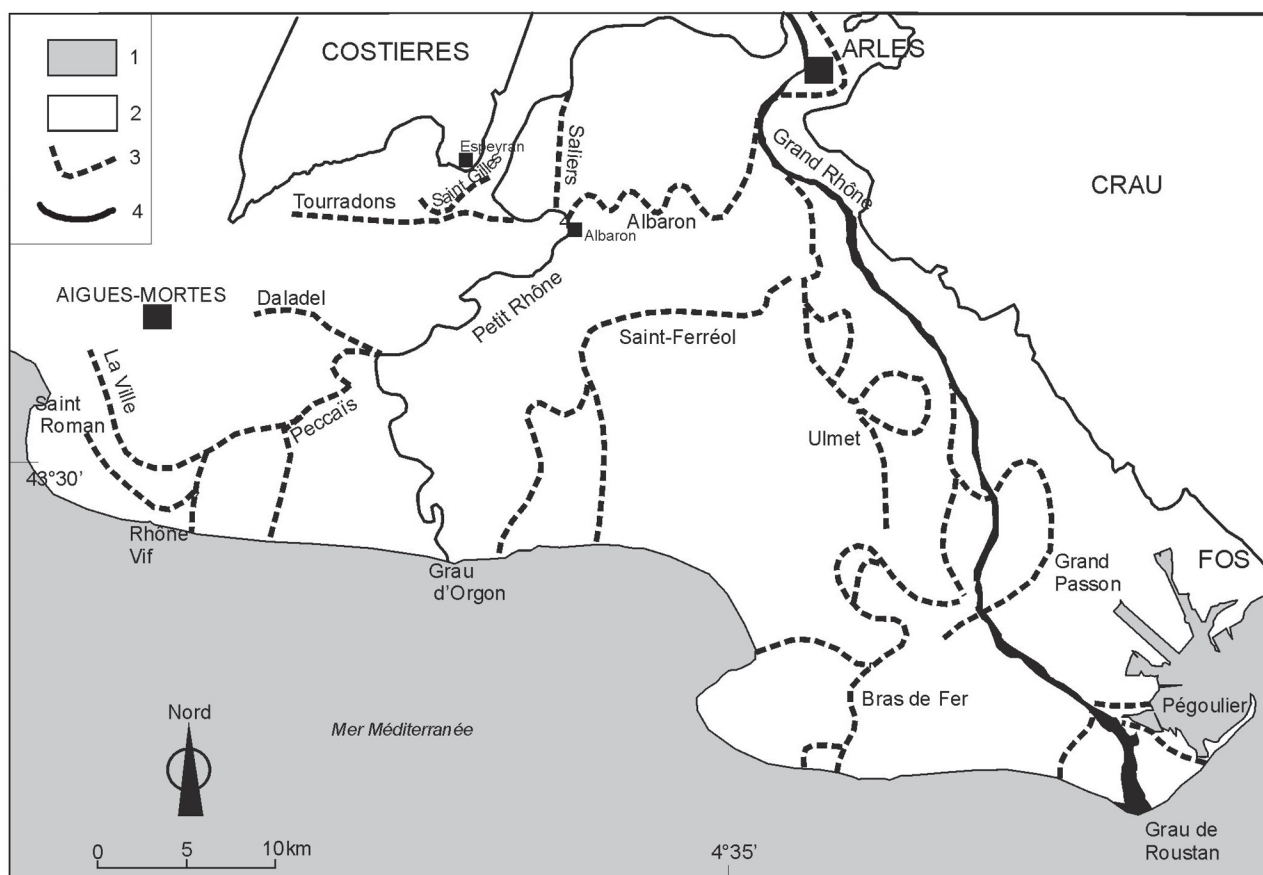


Fig. 1 : Principaux chenaux fossiles depuis 6000 ans (d'après Provansal *et al.*, 2004, modifié).

1 : substratum pré-holocène ; 2 : dépôts holocènes alluviaux et deltaïques ; 3 : paléo-chenaux ; 4 : chenaux actifs.

Fig. 1: Main inherited channels since 6000 BP (from Provansal *et al.*, 2004, modified).

1: Ante-Holocene bedrock; 2: Holocene alluvial and deltaic deposits; 3: palaeo-channels; 4: active channels.

2.2 - LA MORPHOLOGIE ET LA CHRONOLOGIE DES CORPS SÉDIMENTAIRES EN PETITE CAMARGUE

L'analyse en surface du remplissage du paléogolfe d'Aigues-Mortes laisse entrevoir plusieurs phases de progradation deltaïques postérieures à 2000 B.P. Les morphologies bien différenciées présentent une alternance de systèmes de flèches d'embouchure édifiées par le Rhône de Peccaïs et des cordons littoraux de fond de baie mis en place par les bras de la Ville et de Saint Roman. Le colmatage du paléogolfe d'Aigues-Mortes est obligatoirement postérieur à 2000 B.P. compte tenu de ses relations avec le lobe deltaïque de Saint Ferréol (Provansal *et al.*, 2003).

Dans le paléogolfe d'Aigues-Mortes, entre 4500 B.P. et le Moyen Age, plusieurs branches du Rhône vont se développer et participer activement à la formation du delta tels que le chenal de crevasse des Tourradons (Rey *et al.*, acceptée) et les bras de Peccaïs, La Ville et Saint Roman (fig. 1). Cette progradation s'effectue sous l'impulsion des facteurs climato- anthropiques. D'une part, les sources écrites et cartographiques médiévales rendent compte d'une réorganisation partielle du réseau hydrographique. D'autre part, le recensement des hauteurs et fréquences de crues à Arles entre les XV^e et XVIII^e a démontré l'influence du Petit Age Glaciaire sur l'hydrologie dans le Bas-Rhône (Pichard, 1995). A l'est, en réponse à cette phase d'irrégularité hydrologique et climatique les débits solides ont augmenté et participé à l'exhaussement des planchers alluviaux (Arnaud-Fassetta, 2002 et 2003). Le style fluvial des cours d'eau s'est modifié pour un tracé plus méandrique et tressé. Ces modifications morphologiques et hydrologiques se sont également répercutées sur les systèmes d'embouchures en favorisant leurs rapide progradation (Provansal *et al.*, 2003).

2.3 - LA DYNAMIQUE ACTUELLE DU DELTA DU RHÔNE

Le delta du Rhône est un delta arqué dominé par l'action des vagues (Galloway et Hobday, 1996). La charge solide (sables + MES) est estimée à 8,5 millions m³/an fournie principalement lors des phases de crue (Pond *et al.*, 2002 ; Roditis et Pont, 1993) soit 4 fois moins depuis 1850 (Surell, 1847). Les vagues proviennent de trois directions principales : 40 % des vagues de beau temps sont issues du SW, les houles de tempêtes proviennent des secteurs SE-SSE (27 %) et S-SSW (14,7 %) (Sabatier, 2001). Le sédiment transporté par les courants marins provient des apports fluviaux à l'embouchure et du déstockage sédimentaire des anciens lobes deltaïques plus au large (Saint Ferréol, Bras de Fer et secondairement Rhône Vif) (fig. 2). Sabatier et Suanez (2003) ont identifié plusieurs cellules hydro-sédimentaires le long du delta du Rhône. Malgré cela, le manque de données quantitatives sur le transit sédimentaire annuel à l'embouchure du Grand Rhône ne nous permet pas de calculer l'indice d'asymétrie élaboré par Bahtacharya et Giosan (2003). Cet indice est obtenu en effectuant le rapport entre le taux net du transport de la dérive littorale à l'embouchure (en m³ année⁻¹) et l'apport fluvial (en 10⁶ m³ mois⁻¹) (Tab 1). Néanmoins, la morphologie du système d'embouchure du Grand Rhône laisse entrevoir une asymétrie, ce qui indique vraisemblablement un puissant courant de dérive sédimentaire dirigé vers l'est (fig. 2).

Surface du delta	1740 km ²
Module moyen du Rhône à Beaucaire	1700 m ³ .s ⁻¹
Module maximum du Rhône à Tarascon (décembre 2003)	13000 m ³ .s ⁻¹
Provenance et force des vents les plus forts	SE (25 m.s ⁻¹) SSE (18 m.s ⁻¹)

Tab. 1 : Synthèse des données pour le delta du Rhône.

Tab. 1: Overview of the Rhône delta data.

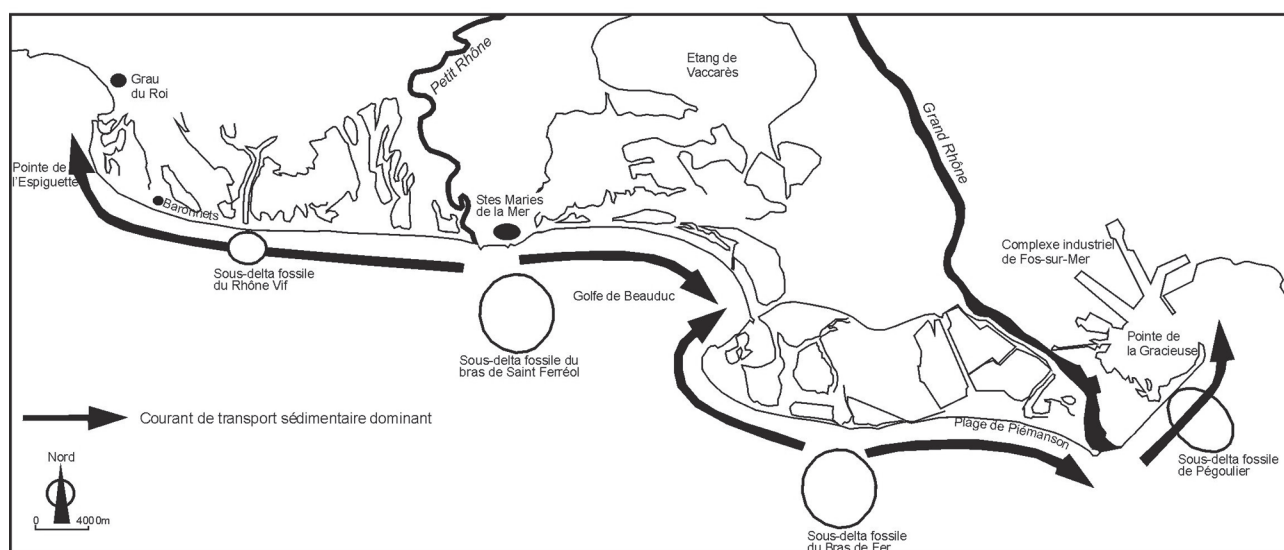


Fig. 2 : Distribution des courants de transport sédimentaire dominants le long du delta du Rhône (d'après Sabatier et Suanez, 2003, modifié)
Fig. 2: Organization of dominant longshores sediment transport on the Rhône delta coast (from Sabatier & Suanez 2003, modified)

La Petite Camargue est devenue aujourd'hui un espace dominé par l'action des vagues alors que depuis l'Antiquité Romaine les influences fluviales se combinaient à la dérive littorale. Cette transition a eu lieu à partir de 1552 date à partir de laquelle le Rhône de Peccaïs s'est déplacé plus à l'est empruntant le cours actuel du Petit Rhône (Kruit, 1955). A l'heure actuelle, le littoral de la Petite Camargue se divise en deux secteurs. Entre la plage des Baronnets et l'embouchure du Petit Rhône les houles sont responsables d'une forte érosion du linéaire côtier (Sabatier, 2001) (fig. 2). A l'ouest de ce secteur, le courant de dérive littorale alimente la flèche littorale de l'Espiguette en rapide expansion depuis le XIX^e siècle (Sabatier et Suanez, 2003).

3 - MÉTHODOLOGIE

Les systèmes d'embouchure sont l'expression morphologique des processus et des mécanismes de sédimentation. La description des lobes deltaïques va permettre d'intégrer les modalités de remblaiement du paléogolfe d'Aigues-Mortes. Plusieurs éléments ont été combinés :

3.1 - LES SOURCES HISTORIQUES

Les cartes géologiques d'Arles (L'Homer, 1987), des Saintes-Maries-de-la-Mer (L'Homer, 1975) et du Grau

du Roi (L'Homer, 1993) à l'utilisation de photographies aériennes de préférence anciennes et d'images satellitales à haute résolution fournissent des informations considérables et permettent de dresser un inventaire des unités de relief majeures actuelles et passées. Des cartes topographiques anciennes à plus ou moins petite échelle ont été utilisées, de même que le cadastre napoléonien. Seules les cartes les plus fiables (Anonyme, 1580 ; Tassin, 1634 ; Delisle, 1715 ; Cassini, 1777 ; Charles Martin, 1874) ont été géoréférencées, traitées sous logiciel MapInfo® et interprétées. Certains éléments archéologiques permettent de positionner et de caler chronologiquement certains fleuves, graus et cordons littoraux. Il s'agit là des établissements littoraux et fluviaux d'Aigues-Mortes, d'Albaron, d'Espeyran (fig. 1), des constructions (batardeau, fort, quai) et des vestiges archéologiques épars situés aux embouchures (poteries, épaves).

3.2 - CLASSIFICATION DES DELTAS : L'INDICE D'ASYMÉTRIE

Plusieurs modes de classification permettent de déterminer le fonctionnement général d'un delta. Au delà de la classification de Galloway et Hobday (1996), une nouvelle approche des deltas se développe à partir des travaux de Bhattacharya et Giosan (2003). Le modèle proposé se base sur une ré-évaluation de

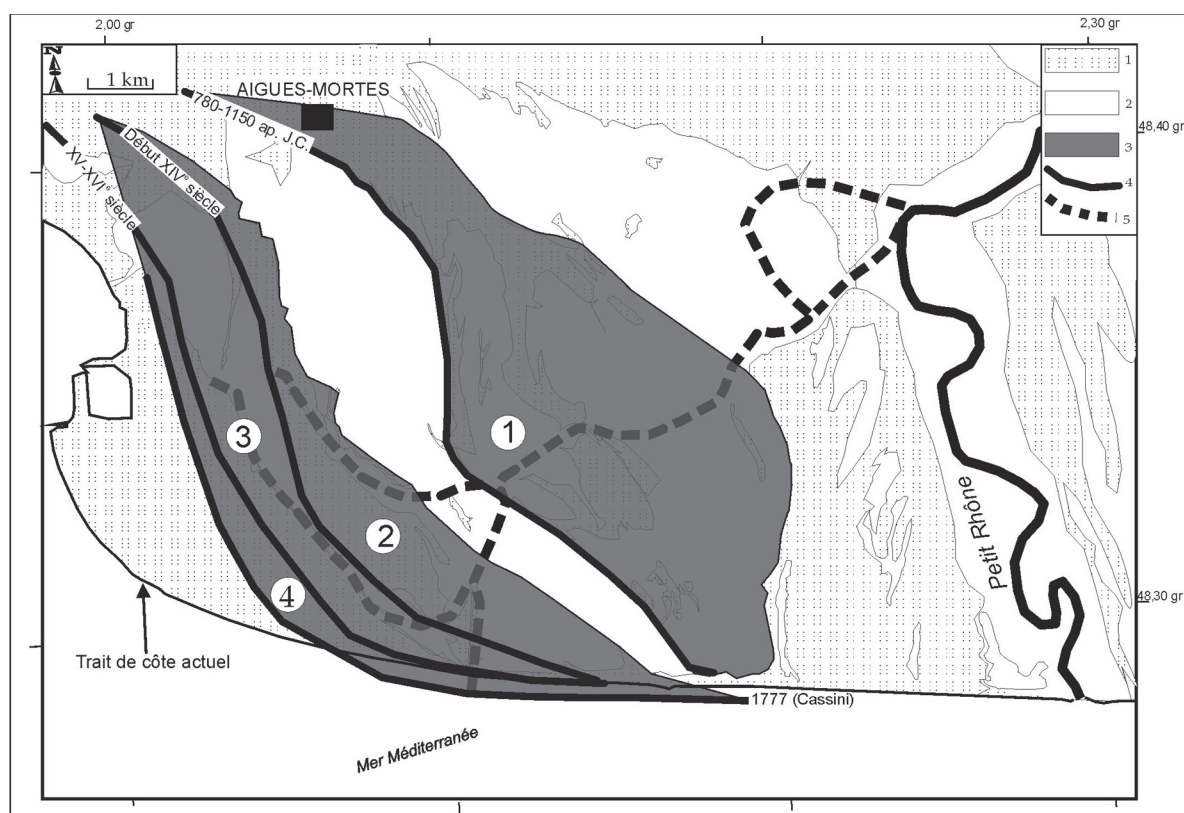


Fig. 3 : Principaux lobes deltaïques de la partie occidentale du delta du Rhône à l'Holocène.

1 : cordons littoraux ; 2 : dépôts fluvio-palustres ; 3 : lobes deltaïques fossiles ; 4 : paléo-rivages ; 5 : paléo-chenaux.

Les chiffres (1 à 4) indiquent l'ordre chronologique d'édification des systèmes d'embouchure : (1) Peccaïs ; (2) La Ville ; (3) Saint Roman ; (4) Rhône Vif.

Fig. 3: Main deltaic lobes of the western part of the Rhône Delta to the Holocene.

1: coastal barriers; 2: flood-plain deposits; 3: inherited deltaic lobes; 4: palaeo-coasts; 5: palaeo-channels.

The numbers (1 to 4) indicate the chronological order of delta lobes formations: (1) Peccaïs; (2) La Ville; (3) Saint Roman; (4) Rhône Vif.

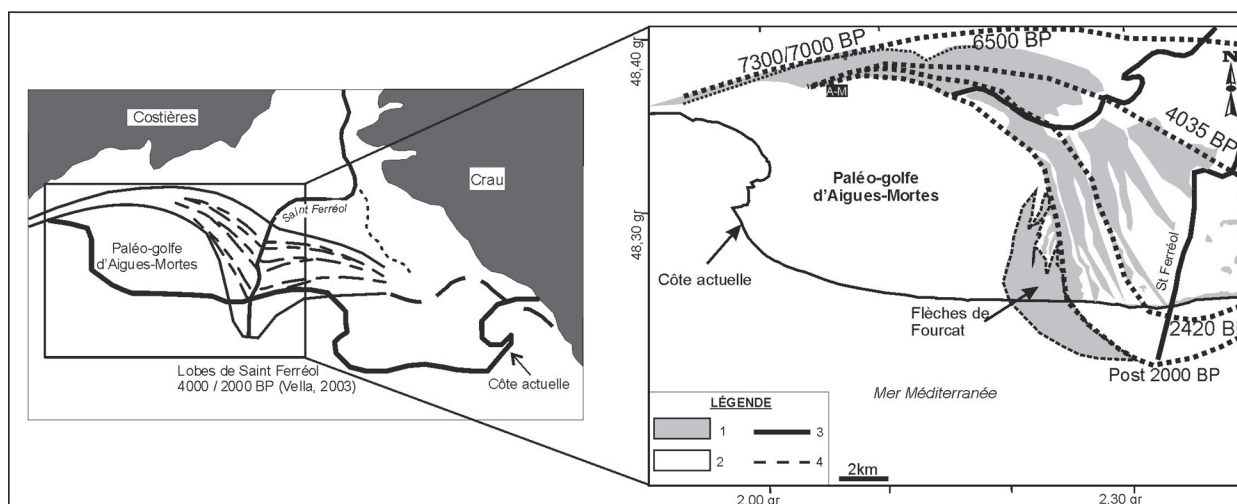


Fig. 4 : Principaux lobes deltaïques du Rhône de Saint Ferréol (Vella, 2003, modifié).

1 : cordons fossiles ; 2 : dépôts fluvio-palustres ; 3 : chenal actif ; 4 : Chenal abandonné.

Fig. 4: Main deltaic lobes of the Rhône of Saint Ferréol (Vella, 2003, modified).

1: coastal barriers; 2: flood-plain deposits; 3: active channel; 4: abandoned channel.

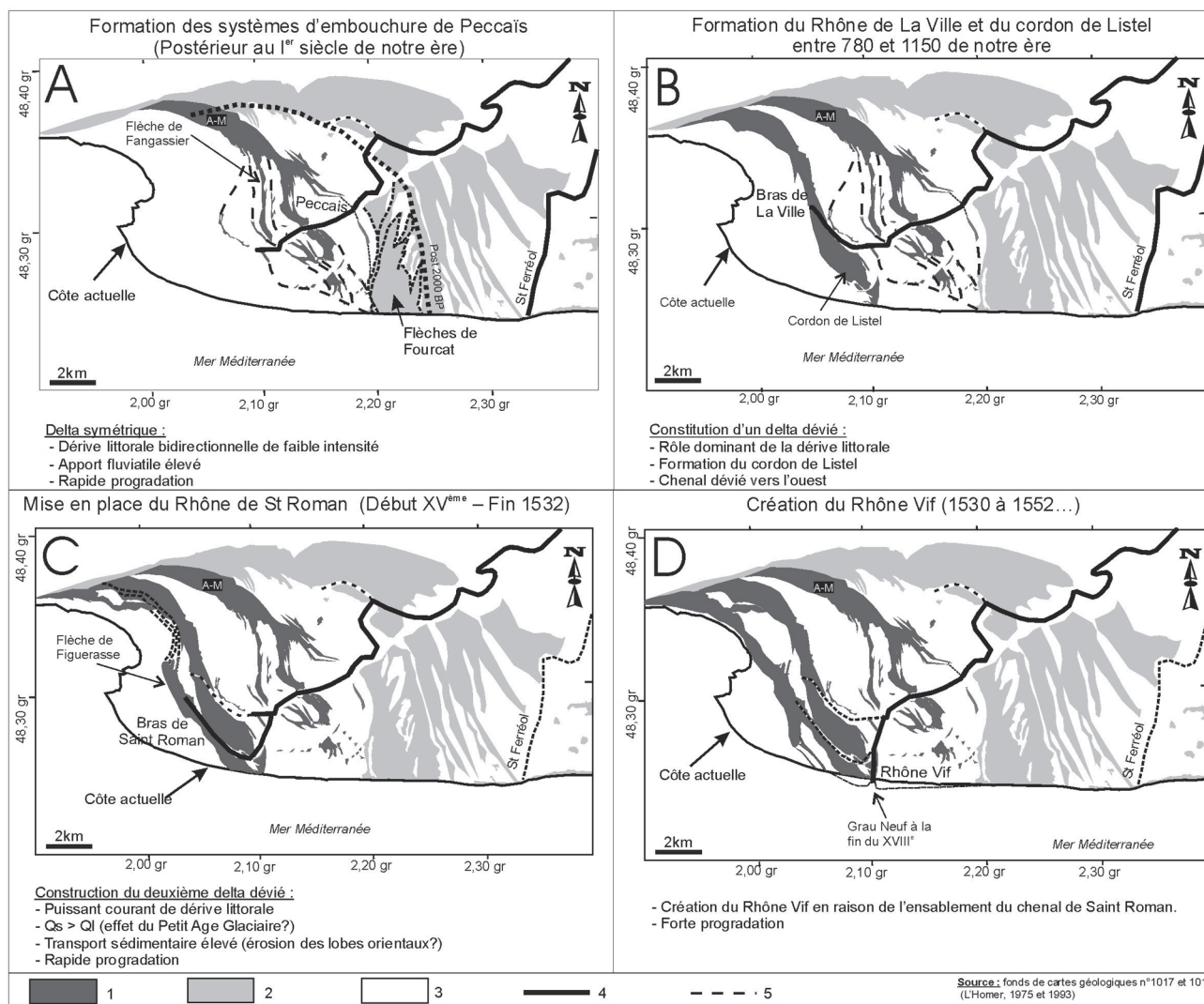


Fig. 5 : Scénarii paléogéographiques de la partie occidentale du delta rhodanien depuis l'Holocène.

1 : systèmes d'embouchure de Peccaïs et des distributeurs ; 2 : cordons fossiles du Rhône de Saint Ferréol ; 3 : dépôts fluvio-palustres ; 4 : chenaux actifs ; 5 : Chenaux abandonnés.

Fig. 5: Palaeo-geographical scenarios of the western part of the rhodanian delta since the Holocene.

1: delta lobes of Peccaïs and this distributaries; 2: inherited coastal barriers of the Rhône of Saint Ferréol; 3: flood-plain deposits; 4: active channels; 5: abandoned channels.

plusieurs deltas modernes à partir du calcul d'un indice d'asymétrie. Cet indice d'asymétrie A est calculé en réalisant le ratio entre le taux net du transport de la dérive littorale à l'embouchure (en m³ année⁻¹) et le débit liquide (en 10⁶ m³ mois⁻¹). Il permet de préciser le fonctionnement actuel des systèmes d'embouchure symétrique (A<200) /asymétrique (A>200) / et dévié (A>200) en précisant le degré de dominance de la dérive littorale sur les dynamiques fluviales. Il est bien entendu impossible de calculer ce type d'indice dans la reconstitution des paléoenvironnements. Néanmoins intégré dans ce référentiel actuel, il peut d'une part aider à la caractérisation morphologique des systèmes d'embouchure hérités et d'autre part, il permet d'indiquer quelles auraient pu être les dynamiques hydro-sédimentaires responsables de ces formes.

4 - ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE DU PALÉO-GOLFE D'AIGUES MORTES

Le remblaiement du paléogolfe d'Aigues-Mortes s'est accéléré à partir de la formation du lobe deltaïque de Peccaïs (fig. 3). Il s'est développé vers le sud en prenant appui les flèches littorales du Rhône de Saint Ferréol (fig. 4). La position des épaves romaines au large du lobe de Saint Ferréol (Long, 2002) permet de donner une chronologie relative des dernières flèches littorales construites par ce bras. Celles-ci (nommées flèches de Fourcat) seraient postérieures à 2000 B.P. et auraient servi de support à la formation du système deltaïque de Peccaïs.

4.1 - DELTA SYMÉTRIQUE DU RHÔNE DE PECCAÏS

Les témoins morphologiques de surface révèlent avec certitude le raccordement des barres d'embouchure de Peccaïs en appui sur la flèche littorale de Fourcat (fig. 5.A). Cette situation permet de donner une chronologie relative du Rhône de Peccaïs qui serait alors postérieur au I^{er} siècle de notre ère, date de mise en place des flèches de Fourcat.

Le Rhône de Peccaïs forme un delta cuspidé plus ou moins symétrique probablement caractérisé par une dérive littorale bi-directionnelle de faible intensité et par des apports fluviaux importants. Ce type a été bien décrit et observé sur la côte tyrrhénienne (Belotti *et al.*, 2004 ; Pranzani, 2001). Cette progradation n'a

pas été continue mais semble avoir obéi à des phases d'impulsions sédimentaires. Ainsi, chaque flèche d'embouchure correspondrait à un état du fleuve disposant d'importants débits solides et liquides. La morphologie des systèmes d'embouchure transposerait alors une dynamique fluviale et littorale à un moment donné. A partir de l'axe du paléochenal de Peccaïs, on compte plus de cinq flèches d'embouchure se succédant sur environ 2 km en direction de la Méditerranée. La vitesse de progradation a été rapide (apports sédimentaires importants), et l'effet est resté perceptible sur les flèches d'embouchures qui ont abandonné en arrière (côté terre) des espaces lagunaires ou marécageux remblayés par des dépôts fins.

Deux nouvelles datations radiocarbone permettent de dater la mise en place de ce premier système lobé (Tab. 2). Une première datation est effectuée au centre du lobe à la base du remplissage du chenal alluvial (fig. 6). Les macro-restes végétaux emballés dans une matrice sableuse grossière interprétés comme la charge de fond du chenal sont datés entre 610 et 680 ap. J.C. (GdA-457).

Une seconde date C¹⁴ effectuée sur le système terminal de cordons de ce lobe (flèche de Fangassier) date sa mise en place entre 770 et 1050 ap. J.C. (fig. 6). Ces dates confirment clairement la chronologie relative du lobe de Peccaïs établie à partir des travaux de Vella (2003).

Entre la position du chenal et la flèche d'embouchure de Fangassier, la vitesse minimale de progradation est estimée à 1 m/an (fig. 6, transect 1) alors que la vitesse d'avancée maximale serait de l'ordre de 5,9 m/an. Cette tendance a été continue jusqu'à la fin du XVIII^e (Cassini, 1777).

4.3 - LES DELTAS DÉVIÉS DU RHÔNE

Le passage d'un delta en partie symétrique au delta dévié dominé par des dynamiques littorales marque un véritable changement dans les processus hydro-sédimentaires (fig. 3). Ce changement semble imputable à plusieurs facteurs : 1) une réorganisation du réseau hydrographique plus en amont avant le XII^e. En effet, le lobe de Peccaïs se développe à partir de la branche d'Albaron-Peccais alors que le lobe suivant va très vraisemblablement se former sous l'effet du raccordement (anthropique ?) du cours de Saint Gilles sur le bras de Peccaïs (fig. 1). En conséquence, le

Auteurs	Toponyme	N° de Lab.	Age 14C BP	*Age calibré (BC/AD)	Coordonnée Lambert III sud
Dates Rey	Chenal de Peccaïs	GdA-457	1390 ± 30 BP	+610 ; +680	754 ; 135,2
	Flèche de Fangassier	GdA-15750	1080 ± 60 BP	+770 ; +1050	752,9 ; 139,1
Dates L'Homer	Cordon de Listel	Ly 1764	1090 ± 150 BP	+900 ; +1000	751,94 ; 133,76
	Cordon de Listel	Ly 1765	1880 ± 230 BP	-390 ; +620	751,57 ; 132,78

Tab. 2 : Datations radiocarbone utilisées dans le secteur étudié. *Les âges B.P. ont été étalonnés à l'aide du logiciel Calib 4.4 (Mc Cormac *et al.*, 2002).

*Tab. 2: Radiocarbon dates used in the studied area. *BP ages have been calibrated using the Calib 4.4 program (Mc Cormac *et al.*, 2002)*

raccordement antérieur au XII^e siècle a très probablement induit un lobe deltaïque bien distinct des systèmes d'embouchure de Peccaïs.

2) La formation du type dévié nécessite des conditions hydrodynamiques et sédimentaires particulières. L'analyse des deltas du Sénégal (Ausseil-Badie *et al.*, 1991 ; Barusseau *et al.*, 1995) et du Mahanadi (Mohan-ti, 1993) démontre l'importance d'un courant de dérive littorale unidirectionnelle et puissant pour entraîner la migration des flèches d'embouchure dans une seule direction.

En conséquence, ces dynamiques hydro-sédimentaires auraient progressivement dévié l'embouchure du Rhône de La Ville séparée de la mer par un cordon littoral. A la fin de sa phase d'activité, les eaux du chenal s'écoulaient parallèlement à la côte (fig. 5.B).

La formation du cordon (de Listel) est postérieure à la flèche littorale de Fangassier. Ce même cordon est daté selon L'Homer (1993) entre 1880 et 1090 BP (Tab. 2). Ces dates sont suspectées d'erreurs (remaniements, écologie différentes des espèces datées,...) par leurs auteurs (Archambault-Guézou *et al.*, 1980 ; Archambault-Guézou, 1982). Nous retenons donc la date la plus récente (1090 B.P.) comme marqueur chronologique post-quém. Cette date est confirmée par plusieurs sources cartographiques (Di Pietro, 1821) qui attestent l'occupation du site d'Aigues-Mortes dès le VIII^e siècle avant l'installation de la cité portuaire décidé par St Louis (Cavero, 2004).

La chronologie du chenal dévié reste difficile à cerner. Ce chenal a pu perdurer comme chenal secondaire et il est dangereux de s'appuyer sur la chronologie du cordon pour caler chronologiquement le Rhône de La Ville. Ce dernier problème est inhérent

aux modalités de construction des flèches littorales qui évoluent par crochets successifs. Ce mode de construction littorale peut faire apparaître d'importantes disparités chronologiques au sein d'un même cordon.

Actuellement, seul l'apport des documents médiévaux fournissent des éléments de datation et quelques informations sur les modalités d'évolution hydrodynamique et sédimentaires du Rhône. Rossiaud (2002) signale qu'au XII^e siècle le Rhône de La Ville est fermé artificiellement, probablement pour répondre aux importants problèmes de navigation au sein du golfe d'Aigues-Mortes. Les embouchures sont tour à tour ensablées par la croissance des flèches littorales vers l'ouest. Dans le même temps, l'ensablement des graus génère probablement un bouchon sableux qui empêche l'évacuation du flux liquide et solide du chenal qui se remblaie faute d'exutoire. En réponse à l'ensablement du grau, le chenal est donc dévié vers le sud entre 1357 et 1364 (Florençon, 1996).

Entre la flèche d'embouchure de Fangassier (formée par le chenal de Peccaïs) et la position terminale du grau de la Chèvre (fermé au début du XV^e siècle), la vitesse minimale de progradation est estimée à 6,7m/an entre 780 et 1400 alors que la vitesse d'avancée maximale serait de 16,6 m entre 1150 et 1400 (fig. 6, transect 2).

Les conditions hydrodynamiques et sédimentaires sont similaires à l'épisode précédent. Elles entraînent la création du cordon de Figuerasse et la rapide déviation du Rhône de Saint Roman (fig. 5.C). En moins d'un siècle et demi, un cordon de plus de 300 m de large va se développer vers l'Ouest. Sur celui-ci reposent des dunes d'une taille exceptionnelle, fait sans précédent sur le delta du Rhône. Encore visibles

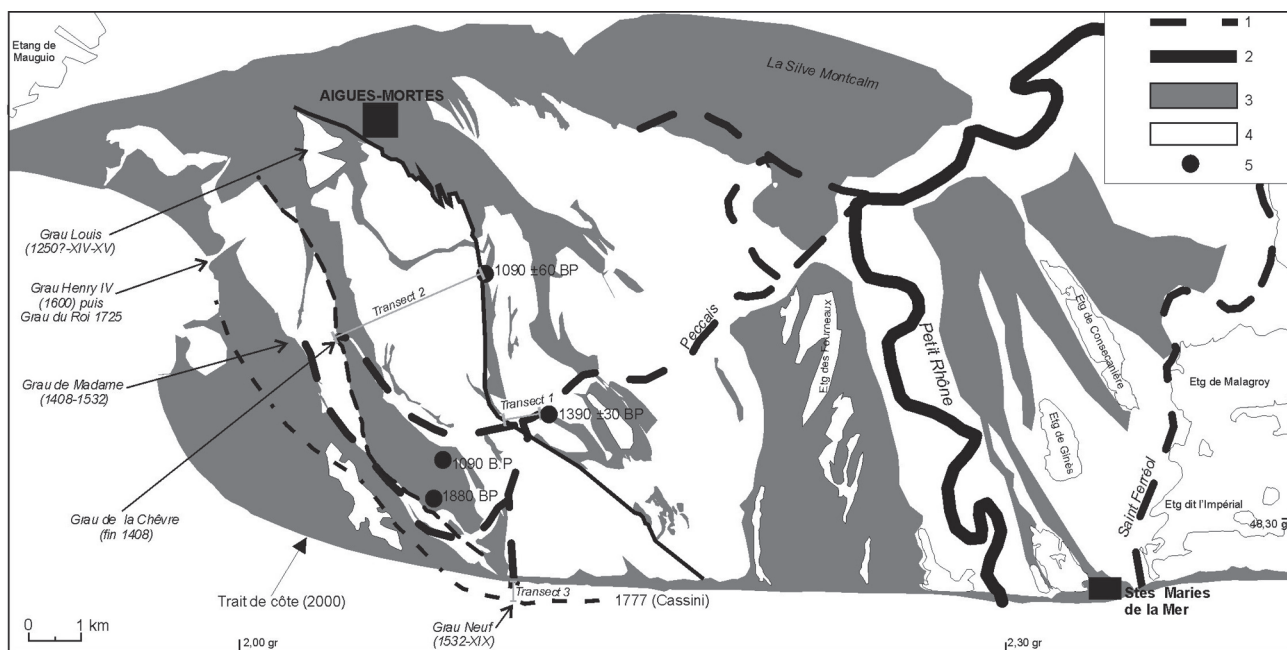


Fig. 6 : Evolution du paléo-golfe d'Aigues-Mortes à partir du VIII^e siècle de notre ère.

1 : chenaux actuels ; 2 : paléo-chenaux ; 3 : cordons littoraux ; 4 : dépôts fluvio-palustres ; 5 : datations radiocarbone.

Fig. 6: Evolution of the Aigues-Mortes palaeo-gulf since the VIII^e century.

1: active channels; 2: palaeo-channels; 3: coastal barriers; 4: flood-plain deposits; 5: radiocarbon dates.

aujourd'hui, ces dunes fossiles atteignent plus de 17 m N.G.F. Cette situation tient vraisemblablement à la conjonction de plusieurs facteurs : (1) des apports fluviaux réguliers, (2) un apport sédimentaire considérable de la dérive littorale (érosion des lobes deltaïques hérités du Saint Ferréol ?), (3) le Petit Age Glaciaire (Lamb, 1984) où les précipitations sont plus abondantes sur toute la Méditerranée (Camuffo et Enzi, 1994) et les crues plus fréquentes.

En 1532, en raison de son remblaiement, le Rhône de Saint Roman est dérivé plus au sud pour créer le Rhône Vif (Ménard, 1753).

4.4 - LE RHONE VIF : UNE PROGRADATION RAPIDE

L'activité du Rhône Vif a été limitée à une vingtaine d'années. Il se jetait en Méditerranée à travers le grau Neuf. En raison de sa courte période d'activité, il est délicat d'interpréter les formes deltaïques héritées, même si une tendance vers le delta dévié se fait ressentir (fig. 5.D). Une série de flèches littorales se juxtaposent au cordon de Figuerasse et se développent dans le sens de la dérive. Plusieurs lagunes (anciens chenaux ?) très étirées vers l'ouest s'intercalent entre les flèches. L'examen des dernières formes de surface laissent pressentir des dynamiques hydro-sédimentaires similaires aux deux deltas déviés précédemment décrits.

L'abandon du Rhône Vif se produit lors de la crue de 1552. Cette inondation a entraîné le déversement des eaux fluviales de Peccaïs dans la prise d'eau creusée plus à l'est par les habitants des Saintes-Maries de la Mer privés d'eau douce depuis la fermeture du Rhône de Saint Ferréol en 1440. Les eaux s'écoulent désormais plus à l'est dans l'actuel Petit Rhône vers le Grau d'Orgon. Cette nouvelle embouchure continuera de prograder jusqu'à la fin du Petit Age Glaciaire.

Malgré une phase d'activité relativement brève, le chenal du Rhône Vif fonctionne de manière continue jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. La carte de Cassini (1777) met en évidence l'existence d'une embouchure proéminente aujourd'hui disparue sous l'effet de l'érosion. En considérant que l'avancée maximale de l'embouchure du Rhône Vif a été atteinte à la fin du XVIII^e siècle, le Grau Neuf se serait situé approximativement à 900 m au large du rivage actuel. Depuis la fin du XVIII^e siècle l'érosion touche dramatiquement cette zone littorale. Entre 1777 et 2000, le recul de la côte est estimé à 4m/an (fig. 6, transect 3).

CONCLUSION

Les traces terminales laissées par les paléo-chenaux rhodaniens et leur système de flèches d'embouchure sont plus marquées dans la partie occidentale du Rhône. Cette situation a permis de tester une nouvelle approche des systèmes d'embouchure du paléogolfe d'Aigues-Mortes. Leur étude a mis en évidence des

discontinuités sédimentaires au sein des deux lobes dont la transition semble se situer entre les VIII^e et XII^e siècles, en réponse à une réorganisation du réseau hydrographique en amont.

Il est difficile de cerner avec précision les facteurs responsables des disparités intra-deltaïques présentes dans le paléogolfe. La morphologie des deltas symétriques, asymétriques et déviés, constitue l'enregistrement sédimentaire d'un ensemble de processus (régime hydrologique, courants marins, vents, morphologie du trait de côte, climat...) qui interfèrent et se combinent dans la création deltaïque. Les processus n'ont pas la même part de dominance dans le temps et l'espace. Cela implique une modification dans les mécanismes de sédimentation et les formes littorales en réponse au processus dominant.

Lors du Petit Age Glaciaire les événements observés en Petite Camargue ne sont pas isolés mais se conforment aux observations effectuées sur le reste du système rhodanien et notamment deltaïque. Cependant il est certain que le système symétrique (supériorités des débits liquide et solides fluviaux sur la dérive littorale) de Peccaïs précède la période du Petit Âge Glaciaire, et que la fin de la période médiévale et le début du Petit Âge Glaciaire se caractérise par des débits solides importants favorisant l'avulsion (exhaussement des planchers alluviaux) des chenaux et surtout une dérive littorale dominante conduisant aux formes déviées. Les débits liquides fluviaux du chenal de Peccaïs semblent donc comparativement moindres durant cette période.

Finalement, l'ensemble de ces discontinuités sédimentaires participent depuis 2000 ans à une seule et même continuité qui est le remblaiement rapide du paléo-golfe d'Aigues-Mortes.

REMERCIEMENTS

L'accès aux salins d'Aigues-Mortes a été aimablement autorisé par M. Matrat. Le carottage de Peccaïs a été financé par le GDR Marges. Les datations ont été réalisées par le Centre de Radiocarbone de Gliwice en Pologne et financées par l'Université Paul Valéry Montpellier III sous la forme d'un BQR. Que toutes ces personnes et institutions soient ici remerciées.

Les auteurs tiennent également à remercier les reviewers pour leurs remarques et suggestions constructives.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALOISI J.C., MONACO A., PLANCHAIS THOMMERET J. & THOMMERET Y., 1978 - The Holocene transgression in the golfe of Lion (southwestern France): paleogeographic and paleobotanic evolution. *Geographie Physique et Quaternaire*, **32**, n°2, p. 145-162.
- ANONYME, 1580 - *Environs d'Aigues-Mortes, de Peccaïs & de la petite Camargue*. Cabinet des cartes et plans de la Bibliothèque Nationale.
- ARCHAMBAULT-GUEZOU J., 1982 - Apports de l'analyse paléocécologique à l'interprétation historique des cordons littoraux holocènes de la région d'Aigues-Mortes (Gard, France). *Géologie méditerranéenne*, **9**, 2, p.68-88.

- ARCHAMBAULT-GUEZOU J., BAZILE F. & L'HOMER A., 1980** - Revue des datations ¹⁴C obtenues sur les cordons de la région d'Aigues-Mortes. Apport des études de tests de Lamellibranches par microscopie analytique à l'interprétation des mesures radiocarbone. 8^e Réunion annuelle des Sciences de la Terre, Marseille, *Société Géologique Française*, Paris, 12 p.
- ARNAUD-FASSETTA G., 1998** - *Dynamiques fluviales holocènes dans le delta du Rhône*. Thèse nouveau régime de Géographie Physique, Aix-Marseille I, 329 p.
- ARNAUD-FASSETTA G., 2002** - Geomorphological records of a « flood-dominated regime » in the Rhône Delta (France) between the 1st century BC and the 2nd century AD. What correlations with the cathment palaeohydrology? *Geodinamica Acta*, **15**, 79-92.
- ARNAUD-FASSETTA G., 2003** - River channel changes in the Rhone Delta (France) since the end of the Little ice age: geomorphological adjustment to hydrodynamic change and natural resource management. *Catena*, **51**, 141-172.
- AUSSEIL-BADIE J., BARUSSEAU J.P., DESCAMPS C., DIOP E.H.S., GIRESSSE P. & PAZDUR M.F., 1991** - Holocene deltaic sequence in the Saloum Estuary, Senegal. *Quaternary Research*, **36**, 178-194.
- BARUSSEAU J.P., BA M., DESCAMPS C., DIOP E.H.S., GIRESSSE P. & SAOS J-L., 1995** - Coastal evolution in Senegal and Mauritania at 103, 102 and 10-year scales; natural and human records. *Quaternary International*, **29-30**, 61-75.
- BELOTTI P., CAPUTO C., DAVOLI L., EVANGELISTA S., GARZANTI E., PUGLIESE F. & VALERI P., 2004** - Morphosedimentary characteristics and Holocene evolution of the emergent part of the Ombrone River delta (southern Tuscany). *Geomorphology*, **61**, 71-90.
- BERTRAND J.P. & L'HOMER A., 1975** - Complexité de la sédimentation récente et actuelle du delta du Rhône et de la côte méditerranéenne française (projet galion). *Frascati*, 121-133.
- BERNE S., ALOISI J.C., BAZTAN J., DENNIELOU B., DROZ L., TADEU DOS REI A., LOFI J., MEAR Y. & RABINEAU M., 2002** - Notice explicative de la carte morpho-bathymétrique du Golfe du Lion au 1/10 000. Ed. Ifremer/région Languedoc-Roussillon, 47 p.
- BHATTACHARYA J-P. & GIOSAN L., 2003** - Wave-influenced deltas : geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology*, **50**, 187-210.
- BOUTEYRE M., TONI C., CHANTE R. et GREBOUVAL G., 1970** - Rapport Camargue : Etude hydrogéologique, pédologique et de salinité. D.D.A et C.N.A du Bas-Rhône et du Languedoc-Arles. 4 volumes, 262 p.
- CAMUFFO D. & ENZI S., 1994** - Cambiamenti climatici negli ultimi 2000 anni. *Il Quaternario*, **7**, 257-286.
- CASSINI 1777-1778** - Carte de Cassini, Feuille 92.
- CAVERO J., 2004** - *Le cadre paléoenvironnemental de la cité d'Aigues-Mortes, XIII^e-XIX^e siècle*. Mémoire de Maîtrise de Géographie, Université Paul Valéry, 117 p.
- COLEMAN J.M., 1982** - *Deltas: Processes of deposition and models of exploration*. Human Resources development Corporation, Boston, MA, 124 p.
- COLLECTIF CAMARGUE, 1970** - *Etude hydrogéologique, pédologique et de salinité*. D.D.A. et C.N.A. du Bas-Rhône et du Languedoc-Arles. Rapport en quatre volumes.
- COLLINA-GIRARD J., DEGIOVANI C. & LAFFONT R., 1996** - Datation d'un paléo-rivage submergé (-100 m) à l'ouest de la grotte Cosquer. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences*, **322** IIA, p 341-344.
- DELISLE G., 1715** - *Carte du golfe du Lyon*. Bibliothèque nationale.
- DI PIETRO E., 1821** - *Notice sur la ville d'Aigues-Mortes*. Paris, Delaunay, 142 p.
- FLORENÇON P., 1996** - *Aigues-Mortes et la Méditerranée, recherches sur le port et choix de documents*. Caisse nationale des monuments historiques, 2 volumes.
- GALLOWAY W.E. & HOBDDAY D.K., 1996** - *Terrigenous Clastic Depositional System*. Springer-Verlag, Heidelberg, 489 p.
- GENSOUS B. & TESSON M., 2003** - L'analyse des dépôts postglaciaires et son application à l'étude des séquences de dépôt du Quaternaire terminal sur la plate-forme au large du Rhône (golfe du Lion) : *Bulletin de la Société géologique de France*, t. **174**, n°4, 401-419.
- LABOREL J., MORHANGE C., LAFONT R., LE CAMPION J., LABOREL-DEGUEN F. & SARTORETTO S., 1994** - Biological evidence of sea level rise during the last 4500 years on the rocky coast of continental southwestern France Corsica. *Marine Geology*, **120**, 203-223.
- LAMB H.H., 1984** - *Climate in the last thousand years : natural climatic fluctuations and change*. In: Flomhn H., Fantechi R. (Eds.), *The climate of Europe: Past, Present and Future*. D. Reidel, Dordrecht, The Netherlands, 25-64.
- L'HOMER A., BAZILE A., THOMMERET J. et THOMMERET Y., 1981** - Principales étapes de l'édification du delta du Rhône de 7000 BP à nos jours ; variations du niveau marin. *Oceanis*, **7**, 4, 327-487.
- L'HOMER A., 1975** - Notice explicative, Carte géologique. France (1/50000), feuille Saintes-Maries-de-la-Mer (1018). Orléans : BRGM, 35 p.
- L'HOMER A., 1987** - Notice explicative, Carte géologique. France (1/50000), feuille Arles (992). Orléans : BRGM, 72 p.
- L'HOMER A., 1993** - Notice explicative, Carte géologique. France (1/50000), feuille Grau du Roi (1017). Orléans : BRGM, 93 p.
- LONG L., 2002** - Carte archéologique au large de la Camargue. *Bilan scientifique du Drassm*, 53-57.
- MARTIN CHARLES F., 1874** - *Le Littoral méditerranéen près d'Aigues-Mortes*, Paris.
- MC CORMAC F. G., REIMER P. J., HOGG A. G., HIGHAM T. F. G., BAILLE M.G.L., PALMER J. & STUIVER M., 2002** - Calibration of the radiocarbon time scale for the southern hemisphere : AD 1850-950, *Radiocarbon*, **44** (3) 641-651.
- MENARD M., 1753** - 1532 : devis d'un canal de dérivation du Petit Rhône pour le rétablissement du port d'Aigues-Mortes (original, Chambre des Comptes de Paris) publié dans *Histoire civile, ecclésiastique et littéraire de la ville de Nîmes*, Paris, Chaubert-Hérissan, T.4, Preuves de l'Histoire, LXVI, 120-125.
- MOHANTI M., 1993** - Coastal processes and management of the Mahanadi River deltaic complex, east coast of India. In : *Deltas of the World* (Ed.R.Kay). Am. Soc. Civ. Eng., New York, 122-136.
- ORTON G. & READING H., 1993** - Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size. *Sedimentology*, **40** : 475-512.
- PICHARD G., 1995** - Les crues sur le bas Rhône de 1500 à nos jours. Pour une histoire hydro-climatique. *Méditerranée*, **3-4**, 105-116.
- PONS A., TONI C.L. & TRIAT H., 1979** - Edification de la Camargue et histoire holocène de sa végétation. *Terre et vie, Revue d'écologie*, suppl. 2, 13-30.
- PONT D., SIMONNET J-P. & WALTER A.V., 2002** - Medium-term Changes in Suspended Sediment Delivery to the Ocean: Consequences of Catchment Heterogeneity and River Management (Rhône River, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **54**, p. 1-18.
- PRANZINI E. 2001** - Updrift river mouth migration on cusped deltas : two examples from the coast of Tuscany (Italy). *Geomorphology*, **38**, 125-132.
- PROVANSAL M., VELLA C., ARNAUD-FASSETTA G., SABATIER F. & MAILLET G., 2003** - Role of fluvial sediment inputs in the mobility of the Rhône delta coast (France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, **4**, 271-282.
- REY T., LEFEVRE D., ANDRE J. & MULLER S., 2005** - Interprétation paléoenvironnementale d'un système fluvio-palustre rhodanien à l'Holocène (Petite Camargue, France). In: *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement*, Table Ronde en l'honneur de R. Neboit-Guilhot, 25-26-27 mars 2004, Clermont-Ferrand.
- RODITIS J.C. & PONT D., 1993** - Dynamiques fluviales et milieux de sédimentation du Rhône à l'amont immédiat de son delta. *Méditerranée*, **3**, 4, pp 5-18.
- ROSSIAUD J., 2002** - *Dictionnaire du Rhône médiéval. Identités et langages, savoirs et techniques des hommes du fleuve (1300-1550)*, Tome 1, Ed. Documents d'Ethnologie Régionale - Vol. 23, 225 p.

- SABATIER F., 2001** - *Fonctionnement et dynamiques morphosédimentaires du littoral du delta du Rhône*. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille III, 272 p.
- SABATIER F. & SUANEZ S., 2003** - Evolution of the Rhône delta coast since the end of the 19th century. *Géomorphologie : relief; processus, environnement*, **4**, 283-300.
- SURELL A., 1847** - *Mémoire sur le barrage du Petit Rhône pour servir à l'irrigation et au dessèchement d'une partie du delta*. Nîmes, Imprimerie Ballivet et Fabre, 67 p.
- TASSIN C., 1634** - *Partie de la coste du Languedoc*. Atlas des cartes générales de toutes les provinces de France, Carte n°28, Paris.
- VELLA C., 1999** - *Perception et évaluation de la mobilité du littoral holocène sur la marge orientale du delta du Rhône*. Thèse nouveau régime de Géographie Physique, Aix-Marseille I, 225 p.
- VELLA C. & PROVANSAL M., 2000** - Relative sea-level rise and néotectonique events during the last 6500 yr on the southern Rhône delta, France. *Marine Geology*, **170**, 27-39.
- VELLA C., 2003** - Évolution paléogéographique du littoral de Fos et du delta du Rhône : implications archéologiques dans *Vivre, Produire et échanger : reflets méditerranéens*, Mélanges offerts à Bernard Liou. Textes rassemblés par Lucien Rivet et Martine Sciallano, Ed. Monique Mergoil, Montagnac, 578 p.