

Géomorphologie du delta du Rhône

MIREILLE PROVANSAL
GILLES ARNAUD-FASSETTA
CLAUDE VELLA

1. Introduction

Les résultats présentés ici sont le fruit de recherches effectuées depuis 1992 par les géomorphologues des universités d'Aix-Marseille 1 (UMR 6635 CNRS) et de Paris 7 (UMR 183 CNRS) sur la construction holocène de la plaine deltaïque du Rhône et son fonctionnement hydrologique et sédimentaire actuel.

Ces recherches s'appuient sur les méthodes géomorphologiques et sédimentologiques : reconnaissance et identification des formes (lits fluviaux, dunes et plages) par relevés de terrain et photo-interprétation, caractérisation dynamique des milieux sédimentaires (granulométrie, géochimie pédologique), recherches des sources sédimentaires (analyse minéralogique), quantification des agents morphodynamiques actuels, dont la compréhension est un élément essentiel pour l'interprétation des paléomilieus.

Elles se situent dans le prolongement de recherches antérieures sur la construction holocène de la plaine deltaïque (Kruit 1955 ; Duboul-Razavet 1956 ; Oomkens 1970 ; L'Homer *et al.* 1981) et complètent vers l'amont les travaux sur la plate-forme continentale du golfe du Lion (Gensous, Williamson, Tesson 1993 ; Rabineau *et al.* 1998). Elles mettent cependant d'abord l'accent sur l'évolution des environnements les plus récents, en particulier autour des sites archéologiques depuis 3000 ans environ.

L'évolution géomorphologique a été confrontée aux données paléoenvironnementales, par l'étude des microfaunes, marines et continentales, et des paléoflores, en collaboration avec les laboratoires des universités de Marseille, de Montpellier et de Lyon. L'intégration des données archéologiques et historiques, dans le cadre de fouilles effectuées avec les historiens et archéologues de l'université d'Aix-en-Provence et du Service régional d'archéologie, a fourni des repères chronologiques et permis de définir les modifications du milieu par les sociétés et les contraintes qu'il leur a imposées.

Après une rapide présentation du contexte géologique et des étapes de la construction du delta, on rappellera les conditions de la mobilité actuelle des milieux, puis on décrira les principaux milieux physiques qui constituent la Camargue.

2. Le contexte géologique et les étapes de l'édification du delta

Le delta du Rhône est situé sur la côte de la Méditerranée française, entre 43°20' et 43°35' de latitude nord. Il est bordé au nord-ouest par les Costières de Nîmes et de Générac, au nord-est par le chaînon calcaire des Alpilles, à l'est par le cône de déjection caillouteux de la Crau.

Sa construction au cours des derniers millénaires se place dans une histoire géologique beaucoup plus longue résumée ici rapidement (L'Homer 1975 ; L'Homer *et al.* 1981). Les études géophysiques montrent que la basse vallée du Rhône s'inscrit au sein d'un grand système faillé, qui recoupe les structures plissées est-ouest héritées de l'orogénèse pyrénéenne et réactivées par la compression alpine (Montagnette, Arles-Montmajour, Alpilles). Au cours du Quaternaire, la succession des cycles glaciaires permet la mise en place de vastes nappes alluviales caillouteuses, qui forment la base des dépôts de l'actuel delta. Sur le plateau continental du golfe du Lion, ces dépôts se raccordent à des niveaux marins régressifs, vers -100 m, datés 19000 à 12000 BP (Gensous, Tesson 1997 ; Tesson, Gensous 1998 ; Rabineau *et al.* 1998).

Au sommet de ces nappes, se mettent en place des unités sédimentaires marines transgressives, datées entre 10300 et 8300 BP, liées à la montée du niveau marin relatif depuis la fin de la dernière période froide. Ces dépôts laguno-marins, en disposition rétrogradante, constituent la majeure partie du remblaiement, dépassant parfois 20 m d'épaisseur dans la partie sud du delta (Frignants). Leur sommet forme une « surface d'inondation maxi-

male », dont l'extrémité « on-lap » se situerait à - 12 m NGF au nord de l'étang de Vaccarès vers 6500 av. J.-C.

Le ralentissement de la montée du niveau marin depuis 6 000 ans environ permet la construction de la plaine deltaïque émergée, progradant sur la mer. Les carottes profondes réalisées sur le pourtour de l'étang de Vaccarès et les images sismiques acquises au large ont permis d'en préciser les étapes (Aloisi *et al.* 1975 ; Pons, Toni, Triat 1979 ; L'Homer *et al.* 1981 ; Gensous, Williamson, Tesson 1993). Dans la plaine deltaïque, les recherches ont mis en évidence deux systèmes progradants majeurs, le lobe de Saint-Ferréol à l'ouest, construit entre 4000 BP et la période romaine, et les lobes du Bras-de-Fer et de Roustan à l'est, construits entre les XV^e et XX^e s. Dans les golfes créés entre et autour de ces deux grands systèmes, les atterrissements ont formé des lobes ou des colmatages secondaires (Plan-du-Bourg à l'est, lobe d'Ulmet au centre, de Peccaïs et de Daladel à l'ouest). Cette chronostratigraphie, établie en milieu émergé, est confortée par l'interprétation des enregistrements sismiques sur le plateau continental (Gensous, Tesson 1997 ; Marsset, Bellec 2002).

La géométrie et l'extension des corps sédimentaires sont fonction des apports terrigènes du Rhône, qui repoussent le trait de côte et les environnements halomorphes vers le sud, et de la position du niveau marin relatif à l'aval (Vella 1999 ; Vella, Provansal 2000). Les apports sédimentaires fluviaux dépendent des changements bioclimatiques affectant le bassin-versant et, à partir du Néolithique, de l'anthropisation croissante du milieu (Bruneton *et al.* 2001).

3. La mobilité actuelle des milieux deltaïques

Le Rhône inférieur constitue l'aboutissement d'un bassin-versant de 95 500 km². Il est alimenté par des sous-bassins-versants issus de plusieurs domaines climatiques, alpins, médio-européens et méditerranéens, et ne connaît pas d'étiages marqués [600 m³/seconde (m³.s⁻¹) 1920-1997]. Son régime, méditerranéen atténué, est caractérisé par des hautes eaux de novembre à mai, qui conditionnent le cycle saisonnier des marécages du lit majeur. Le débit moyen (1 702 m³.s⁻¹ à Beaucaire 1920-1997) génère une capacité de transport et une puissance spécifique élevées. Les crues fournissent une charge sédimentaire abondante (Pardé 1968 ; Pont, Simonnet, Walter 2002). Elles sont reliées à des événements météorologiques exceptionnels. Ceux-ci peuvent avoir une ampleur régionale liée aux perturbations méditerranéennes d'automne qui amènent d'intenses précipitations orageuses, en particulier dans les bassins-versants du Gardon et de l'Ardèche ; au printemps, ces perturbations se conjuguent avec la fonte des neiges dans le bassin-versant de la

Durance pour provoquer un important gonflement des cours d'eau. Les mises en charge généralisées d'ordre supra-régional ont lieu en hiver ou au printemps, alimentées par le régime pluvio-nival du Rhône moyen. Elles peuvent être génératrices de crues centennales à très vaste champ d'inondation, susceptibles de remodeler ou de déplacer le lit fluvial : ce fut le cas en 1993-1994 (9 400 m³.s⁻¹ à 10 600 m³.s⁻¹), en 1840 et 1856 (11 640 m³.s⁻¹ ; Pardé 1968), où fut atteinte la limite historique extrême de la plaine d'inondation, ainsi qu'en 2002 et 2003.

La charge solide annuelle était estimée au cours du siècle dernier à 21 millions de tonnes (Surell 1847). Depuis, le volume des sédiments amenés à la mer se serait fortement réduit avec la fin de la crise du Petit Âge Glaciaire puis les travaux de régularisation du fleuve et les équipements hydro-électriques (Arnaud-Fassetta, Provansal 1999). Le flux solide en suspension à Arles serait aujourd'hui de 8 millions de tonnes par an, avec des variations de 2 à 15 millions de tonnes suivant les années (Antonelli 2002). L'essentiel (64 %) du matériel sédimentaire transiterait dans le fleuve lors des crues supérieures à 3 000 m³.s⁻¹, soit en moins de trente-six jours (Pont 1997). En raison des endiguements, seulement 30 000 tonnes par an entrent dans l'île de Camargue grâce aux pompages pour l'irrigation.

La plaine deltaïque débute à Arles et couvre 1 740 km². À l'entrée du delta, à Fourques, la réduction de la pente du Rhône (qui passe de 0,35 à 0,85 à < 0,1 ‰) favorise l'accumulation sédimentaire et l'élargissement du lit majeur, mais tend également à maintenir l'aquifère alluvial en position haute et souvent associé à des marécages dans les parties les plus creuses de la plaine d'inondation. Le fleuve se divise en deux bras : le Grand Rhône, dont le chenal actuel rectiligne, presque complètement endigué (long. 50 km), se jette à la mer par l'embouchure du grau de Roustan, est le plus important (90 % du flux liquide) ; sa profondeur moyenne, d'une dizaine de mètres, diminue vers l'embouchure (environ 4 m). Sa largeur passe de 150 m à Arles à 2 km à son débouché dans la mer. Le Petit Rhône (60 km de long) a un tracé en méandres endigués, qui aboutit au grau d'Orgon. Les deux bras délimitent trois secteurs : à l'ouest la Petite Camargue, au centre la Camargue autour du très vaste étang de Vaccarès, à l'est le Grand-Plan-du-Bourg. Les remontées de sel (coin salé), dans les deux branches du delta, peuvent se produire en août-septembre lors des phases d'étiage prononcées, entraînant alors une possible salinisation des eaux de la plaine aval.

Le littoral deltaïque actuel est long de 60 km environ. Son dessin émoussé traduit le rôle dominant des houles et la faiblesse des apports sédimentaires actuels (Galloway 1975). Il passe vers l'aval à un plateau continental en pente très faible, qui se développe entre 0 et

120 m de profondeur sur 50 km de large, avec une pente de 0,5 à 0,3 %, puis à une pente entaillée par les canyons sous-marins du Petit et du Grand Rhône jusque vers 2 500 m de profondeur.

4. Les milieux physiques et les paysages camarguais

Les paysages originaux du delta sont le fruit de l'évolution morphologique, du contexte climatique et de l'histoire de l'occupation du sol. La mosaïque paysagère actuelle est liée à la superposition et l'interstratification de plusieurs types d'environnements et de paléo-environnements :

- des environnements lagunaires salés à saumâtres qui ont occupé l'emplacement actuel de l'étang de Vaccarès pendant la deuxième partie de l'Holocène ;
- des environnements palustres dulcicoles, surtout localisés dans la partie nord du delta ;
- des environnements fluviaux appartenant à plusieurs bras fossiles dont les nombreuses divagations, pour les plus récentes d'entre elles, marquent encore fortement le paysage deltaïque d'aujourd'hui ;
- des environnements littoraux (cordons sableux, barres d'embouchure), qui correspondent à des montilles obliques ou parallèles au littoral actuel.

Les points hauts (3 à 5 m) correspondent aux montilles, levées alluviales ou cordons littoraux holocènes qui forment un quadrillage irrégulier grossièrement est-ouest et nord-sud. Leur faciès sableux, reposant à la base sur des limons imperméables, en fait de bons « réservoirs », alimentés par les pluies hivernales ou les infiltrations d'eau douce fluviale. Des nappes dulçaquicoles lenticulaires y permettent le développement de forêts linéaires (ripisilve à peupliers et saules) et ont favorisé au cours de l'histoire l'installation des sites habités. Plus près de la côte, les cordons littoraux fossiles présentent les mêmes potentialités. Leurs points hauts portent une végétation arbustive plus tolérante envers le sel (tamaris, genévriers rouges).

Le contexte climatique actuel thermo-méditerranéen connaît un très fort déficit hydrique (précipitations annuelles 600 mm, évapotranspiration potentielle annuelle 1 200 mm), qui favorise le développement de lagunes temporaires à végétation halophyte basse (sansouïre). L'évaporation estivale assèche les étangs les moins profonds et fait remonter les nappes salées fossiles. Elle est favorable à la concentration et l'exploitation industrielle du sel et rend l'irrigation nécessaire pour l'agriculture actuelle.

L'articulation des paysages s'organise à la fois selon un gradient est-ouest et nord-sud. Le premier s'organise

de part et d'autre d'une ligne Arles/Les Saintes-Maries-de-la-Mer qui sépare un paysage de cordons sableux, porteurs d'une agriculture viticole à l'ouest, de milieux plus inondés et dominés par le sel à l'est. Mais, il apparaît moins important que le gradient nord-sud.

Au nord, la haute Camargue s'étend de la difffluence Grand Rhône/Petit Rhône jusqu'à la bordure nord de l'étang de Vaccarès. D'une altitude moyenne comprise entre 1 m et 4,5 m NGF, elle est surtout marquée par la présence d'anciens bourrelets alluviaux plus ou moins sinueux au sein desquels se juxtaposent des paléochenaux (lônes) aujourd'hui colmatés par des sédiments sablo-limoneux, des paléoberges encore soulignées par de grands arbres hygrophiles et des vastes surfaces en pente très faible associées aux plaines d'inondation fossiles. Ces bourrelets alluviaux isolent des dépressions fermées pluri-kilométriques occupées par des marais d'eau douce (Saliers, Rousty, Grand Mar) très peu profonds et couverts de roseaux. Avant l'endiguement complet des bras du Rhône (vers 1869), ces marais faisaient office d'ultime déversoir pour les eaux fluviales lors des grandes crues. Ils sont aujourd'hui essentiellement alimentés par les pompes au Rhône effectués par les viticulteurs, les riziculteurs et les chasseurs.

Plus au sud s'étend la moyenne Camargue, marquée par la présence d'étangs saumâtres peu profonds séparés par d'anciens cordons littoraux et bourrelets alluviaux. L'étang le plus important reste le Vaccarès dont la superficie, aujourd'hui de 65 km², s'est considérablement accrue à partir de 1950 avec le développement de la céréaliculture rizicole.

Au sud de l'étang de Vaccarès s'étend la basse Camargue, caractérisée par la présence d'anciens cordons littoraux (montilles) plus ou moins éolisés au sommet et envahis par une végétation typique de pin parasol et de genévrier de Phénicie. Ces anciens cordons, culminant à une altitude de 7-8 m (Beauduc), alternent avec des lagunes et des étangs saumâtres (Malagroy, Impérial, Lion) pouvant encore communiquer avec la mer par des graus. La superficie des étangs se réduit considérablement durant la saison estivale, laissant alors la place aux formations végétales halophiles telle que la sansouïre, composée notamment de *Salicornia macrostachya* (Molinier, Devaux 1978).

Ces paysages sont hérités de l'histoire récente de la construction du delta. Ils ont évidemment conditionné les possibilités d'installation des sociétés agricoles depuis la Protohistoire. Il faut cependant se garder d'une vision statique de cet environnement, dont la construction s'élabore au cours des derniers millénaires : nos ancêtres ont connu des milieux dont l'agencement dans l'espace était différent de l'actuel. Le fleuve et la mer ont joué un rôle

variable selon les périodes : plus ou moins abondant, plus ou moins encaissé dans la plaine pour le premier, impliquant des risques d'inondation ou des possibilités de drainage différents ; en position relative plus ou moins basse pour la seconde, avec des vitesses de montée inégales, favorisant éventuellement le développement de paysages salés ou l'édification de puissants cordons littoraux.

Le delta porte de nombreux équipements hydrauliques. Les anciens bras du Rhône ont été maintenus en activité, sous forme de « bourdigues », bien après leur « mort hydrologique naturelle ». Les endiguements, commencés au Moyen Âge, se sont définitivement achevés vers le milieu du XIX^e s. La Camargue est restée au fil de son histoire sous la dépendance étroite de la mer jusqu'en 1859 (date d'achèvement de la construction de la Digue à la Mer qui supprima les incursions marines en basse Camargue) et sous celle du Rhône jusqu'en 1869, où l'endiguement complet du fleuve protégea la Camargue des inondations fluviales (Stouff 1993). Les digues enserrant aujourd'hui de manière quasi continue l'ensemble

du lit mineur et agissent directement sur l'étendue de la plaine d'inondation qu'elles tendent à réduire et, de façon indirecte, sur les débits liquides qu'elles concentrent et les vitesses d'écoulement qu'elles accélèrent.

Ces programmes de recherche financés par le ministère de la Culture (SRA-PACA) ont permis de réaliser de nombreux carottages et sondages sur la plaine deltaïque permettant une lecture et une interprétation des faciès en terme d'architecture et de chronologie, mais aussi de paléomilieus. La continuité des corps sédimentaires et des surfaces isochrones est souvent difficile à suivre à partir des seuls carottages, mais la multiplication des données depuis quelques années, grâce aux thèses de Suanez (1997), Bruneton (1999), Vella (1999), Arnaud-Fassetta (2000), Sabatier (2001) et Antonelli (2002) permet de proposer un nouveau schéma de la construction de la plaine deltaïque.

Seront donc présentées successivement l'histoire des formations alluviales, puis celles des littoraux.

Références bibliographiques

- Aloisi *et al.* 1975 : ALOISI (J.-C.), MONACO (A.), THOMMERET (J.), THOMMERET (Y.) - Évolution paléogéographique du plateau languedocien dans le cadre du golfe du Lion. Analyse comparée des données sismiques, sédimentologiques et radiométriques concernant le Quaternaire récent. *Revue de géographie physique et de géologie dynamique*, XVII, 2, 1, 1975, 13-22.
- Antonelli 2002 : ANTONELLI (C.) - *Flux sédimentaire et morphogénèse récente dans le chenal du Rhône aval*. Aix-en-Provence : Université de Provence, 2002 (Thèse de doctorat de géographie physique).
- Arnaud-Fassetta 2000 : ARNAUD-FASSETTA (G.) - *Quatre mille ans d'histoire hydrologique dans le delta du Rhône. De l'âge du Bronze au siècle du nucléaire*. Paris : PRODIG, 2000. 229 p. (Grafigéo ; 11) (Mémoires et documents de l'UMR PRODIG).
- Arnaud-Fassetta, Provansal 1999 : ARNAUD-FASSETTA (G.), PROVANSAL (M.) - High frequency variations of water flux and sediment discharge during the Little Ice Age (1586-1725 AD) in the Rhône Delta (Mediterranean France). Relationship to the catchment basin. *Hydrobiologia*, 410, 1999, 241-250.
- Bruneton 1999 : BRUNETON (H.) - *Évolution holocène d'un hydrosystème nord-méditerranéen et de son environnement géomorphologique*. Thèse de doctorat de Géographie Physique, Université de Provence.
- Bruneton *et al.* 2001 : BRUNETON (H.), ARNAUD-FASSETTA (G.), PROVANSAL (M.), SISTACH (D.) - Geomorphological evidence for fluvial change during the Roman period in the lower Rhone valley (southern France). *Catena*, 45, 2001, 287-312.
- Colomb *et al.* 1975 : COLOMB (E.), GUIEU (G.), MASSE (J.-P.), ROUIRE (M.), ROUX (M.), DAMIANI (L.) collab., DUROZCOY (G.) collab., PUTALLAZ (J.) collab., L'HOMER (A.) collab. - *Notice de la carte géologique de France. Istres, feuille 1019*. Orléans : BRGM, 1975. 47 p. (Carte géologique de France 1/50 000).
- Duboul-Razavet 1956 : DUBOUL-RAZAVET (C.) - *Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du delta du Rhône*. Paris : 1956. 234 p. (Mémoires de la Société géologique de France ; 76).
- Galloway 1975 : GALLOWAY (W. E.) - Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In : ED (B.) ed. - *Deltas*. Houston : Soc. Geol., 1975, 87-98.
- Gensous, Tesson 1997 : GENSOUS (B.), TESSON (M.) - Les dépôts post-glaciaires de la plate-forme rhodanienne : organisation stratigraphique et conditions de mise en place. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 325, 1997, 695-701.
- Gensous, Williamson, Tesson 1993 : GENSOUS (B.), WILLIAMSON (D.), TESSON (M.) - Late-Quaternary transgressive and highstand deposits of a deltaic shelf (Rhône Delta, France). *Spec. Publs Int. Ass. Sediment.*, 18, 1993, 197-211.
- Heurteaux, Crombe, Toni 1992 : HEURTEAUX (P.), CROMBE (O.), TONI (C.) - Essai de quantification de l'eau d'irrigation introduite en Grande Camargue notamment pour la riziculture. *Ecologia mediterranea*, 18, 1992, 31-48.
- Kruit 1955 : KRUIT (C.) - Sediments of the Rhone Delta ; grain size and microfauna. *Verhandelingen van het Koninklijk Mijnbouwkundig Genootschap, Geologische serie deel*, 15, 1955, 359-501.
- L'Homer 1975 : L'HOMER (A.) - *Notice explicative de la carte géologique de la France (1/50 000). Feuille Saintes-Maries-de-la-Mer (1018)*. Orléans : BRGM, 1975. 35 p.

- L'Homer et al. 1981** : L'HOMER (A.), BAZILE (F.), THOMMERET (J.), THOMMERET (Y.) – Principales étapes de l'édification de delta du Rhône de 7000 BP à nos jours ; variations du niveau marin. *Océanis*, 7, 4, 1981, 389-408.
- Marsset, Bellec 2002** : MARSSET (T.), BELLEC (V.) – Late Pleistocene-Holocene deposits of the Rhone inner continental shelf (France): detailed mapping and correlation with previous continental and marines studies. *Sedimentology*, 49, 2002, 255-276.
- Molinier, Devaux 1978** : MOLINIER (R.), DEVAUX (J.-P.) – Carte phytosociologique de la Camargue. *Biologie et écologie méditerranéenne*, V, 4, 1978, 160-195.
- Oomkens 1970** : OOMKENS (E.) – Depositional sequences and sand distribution in the postglacial Rhône delta complex. In : MORGAN (J.-P.) éd., SHAVER (R. H.) collab. – *Deltaic sedimentation modern and ancient*. Tulsa, Okla. : Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1970, 198-212 (Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special publication ; 15).
- Pardé 1968** : PARDÉ (M.) – *Fleuves et rivières*. Paris : Armand Colin, 1968. 224 p.
- Picon 1985** : PICON (B.) – La Camargue. In : CADORET (A.) éd. – *Protection de la nature. Histoire et idéologie. De la nature à l'environnement*. Paris : L'Harmattan, 1985, 52-58.
- Pons, Toni, Triat 1979** : PONS (A.), TONI (C.), TRIAT (H.) – Édification de la Camargue et histoire holocène de sa végétation. *Terre et vie, revue écol.*, 2, 1979, 13-30.
- Pont 1997** : PONT (D.) – Les débits solides du Rhône à proximité de son embouchure : données récentes (1994-1995). *Revue de géographie de Lyon*, 72, 1, 1997, 23-43.
- Pont, Simonnet, Walter 2002** : PONT (D.), SIMONNET (J.-P.), WALTER (A.) – Medium terme changes in suspended sediment delivery to the ocean : consequences of catchment heterogeneity and river managment (Rhône River, France). *Estuarine, coastal and shelf science*, 54, 2002, 1-18.
- Rabineau et al. 1998** : RABINEAU (M.), BERNÉ (S.), LEDREZEN (E.), LERICOLAIS (G.), MARSSET (T.), ROTUNNO (M.) – 3D architecture of lowstand and transgressive Quaternary sand bodies on the outer shelf of the Gulf of Lion, France. *Marine and petroleum geology*, 15, 1988, 439-452.
- Sabatier 2001** : SABATIER (F.) – *Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhône*. Aix-en-Provence : Marseille : Université d'Aix-Marseille III, 2001. 268 p. (thèse d'université).
- Stouff 1993** : STOUFF (L.) – La lutte contre les eaux dans les pays du bas Rhône XII^e-XV^e siècles. L'exemple du pays d'Arles. *Méditerranée, revue géographique des pays méditerranéens*, 78, 3-4, 1993, 57-68.
- Suanez 1997** : SUANEZ (S.) – *Dynamiques sédimentaires actuelles et récentes de la frange littorale orientale du delta du Rhône*. Aix-en-Provence : Aix-Marseille 1, 1997. 283 p. (thèse de doctorat).
- Surell 1847** : SURELL (A.) – *Mémoire sur l'amélioration des embouchures du Rhône*. Nîmes : Ballet et Fabre, 1847. 141 p.
- Tesson, Gensous 1998** : TESSON (M.), GENSOUS (B.) – L'enregistrement des cycles climatiques et eustatiques quaternaires de marges récentes du bassin nord-méditerranéen. *Comptes rendus de l'académie des sciences*, 326, 1998, 121-127.
- Vella 1999** : VELLA (C.) – *Perception et évaluation de la mobilité du littoral holocène sur la marge orientale du delta du Rhône*. Aix-en-Provence : Université de Provence Aix-Marseille I, 1999. 225 p. (thèse de doctorat dactyl.).
- Vella, Provansal 2000** : VELLA (C.), PROVANSAL (M.) – Relative sea-level rise and neotectonic events during the last 6 500 years on the southern eastern Rhône delta, France. *Marine geology*, 170, 2000, 27-39.