



*Archéologie du
Paysage*

1



sous la direction de
Virginie ROPIOT
Carole PUIG et
Florent MAZIERE

Les plaines littorales en Méditerranée nord-occidentale

Regards croisés d'histoire,
d'archéologie et de géographie,
de la Protohistoire au Moyen Âge



éditions monique mergoil

Les plaines littorales
en Méditerranée nord-occidentale

Archéologie du paysage

1

Collection dirigée par
Joëlle Burnouf

sous la direction de

Virginie Ropiot - Carole Puig - Florent Mazière

contributions de

Jean-Loup Abbé, Anne Bardot, Francesc Burjachs, Joëlle Burnouf,
Jean-Michel Carozza, Julien Caverio, Sophie Coadic, Eric Dellong, Vianney Forest,
Hanz Günter-Martin, Javier López Cachero, Marie-Pierre Jézégou, Christophe Jorda,
Pierre-Arnaud de Labriffe, Ludovic Le Roy, Philippe Leveau, Sophie Martin,
Aurora Martín Ortega, Céline Pallier, Rosa Plana Mallart, Enriqueta Pons i Brun,
Emeline Roucaute, Corinne Sanchez, Benoît Sendra et Klaus Storch.

Les plaines littorales
en Méditerranée nord-occidentale

Regards croisés d'histoire, d'archéologie et de géographie
de la Protohistoire au Moyen Âge



éditions monique mergoil
montagnac
2012

Tous droits réservés
© 2012



Diffusion, vente par correspondance :

Editions Monique Mergoïl
12 rue des Moulins
F - 34530 Montagnac

Tél/fax : 04 67 24 14 39
e-mail : emmergoil@aol.com

ISBN : 978-2-35518-031-6
ISSN : en cours

Aucune partie de cet ouvrage ne peut être reproduite
sous quelque forme que ce soit (photocopie, scanner ou autre)
sans l'autorisation expresse des Editions Monique Mergoïl.

Textes : auteurs
Saisie, illustrations : *idem*
Mise en pages : Emmanuelle Trouillot (ACTER)
Couverture : Editions Monique Mergoïl
Impression numérique : Maury SA
Z.I. des Ondes, BP 235
F - 12102 Millau cedex

Sommaire

| | |
|--------------------|---|
| Avant-propos | 7 |
|--------------------|---|

| | |
|---------------------------------|---|
| J. BURNOUF : Introduction | 9 |
|---------------------------------|---|

L'occupation autour des zones humides

| | |
|---|-----|
| F. MAZIÈRE, S. MARTIN, C. JORDA, B. SENDRA, C. PALLIER La place du facteur naturel dans les dynamiques d'occupation protohistoriques. L'exemple de l'étang de Pézenas (Hérault, France) | 13 |
| L. LE ROY, E. DELLONG L'occupation du sol autour de l'étang de Montady, du premier âge du Fer au Moyen Âge : une première synthèse des prospections du PCR «Autour de l'étang de Montady»..... | 33 |
| A. MARTIN ORTEGA, R. PLANA MALLART Emergence et premier développement du pôle de peuplement ibérique d'Ullastret dans l'extrême nord-est de la Péninsule Ibérique : l'habitat aggloméré et son emprise précoce sur l'espace périphérique | 63 |
| E. PONS I BRUN Los origenes de la reocupacion definitiva del territorio del Empordà (NE Catalunya-NE de Espana)..... | 77 |
| J. F. LÓPEZ-CACHERO La dinamica de las ocupaciones humanas del Bronce Final al Ibérico Antiguo entre los rios Tordera et Llobregat | 93 |
| V. ROPIOT Habitats et zones humides entre l'Hérault et le Ter du IX ^e s. au début du II ^e s. av. n. è. Bilan et essai de synthèse | 111 |

Exploitation et mise en valeur des zones humides

| | |
|--|-----|
| P.-A. DE LABRIFFE Le sel en Languedoc occidental, plaines et littoral ; prémices d'une archéologie salinière | 129 |
| A. BARDOT Conchyliorestes et zones maritimes exploitées durant la période romaine : acquis et perspectives..... | 141 |
| S. COADIC, C. SANCHEZ Un témoignage archéologique de salines à Narbonne (Aude) : la découverte du soubassement d'une roue à élévation d'eau..... | 159 |

| | |
|---|-----|
| P. LEVEAU | |
| Le drainage des dépressions fermées en Provence et dans la vallée du Rhône. | |
| Un bilan et les enjeux de la recherche | 169 |

| | |
|---|-----|
| E. ROUCAUTE | |
| L'assèchement des paluds des Anguillons à la fin du Moyen Âge (Noves, Saint-Rémy-de-Provence) | 195 |

Réflexions sur les pratiques et les outils d'une recherche pluridisciplinaire

| | |
|--|-----|
| J. CAVERO, H. GÜNTER-MARTIN, M.-P. JÉZÉGOU, C. SANCHEZ, K. STORCH | |
| Un projet collectif de recherche sur les ports antiques de Narbonne : paléogéographie et prospections subaquatiques | 205 |

| | |
|--|-----|
| E. DELLONG | |
| Deux aspects du proche territoire de Narbonne antique à la croisée de l'histoire, de l'archéologie et de la géographie : la mobilité littorale et la cadastration antique (I ^{er} s. av. J.-C. — III ^e s. ap. J.-C.) | 225 |

| | |
|---|-----|
| V. FOREST | |
| Quelques réflexions archéozoologiques sur les milieux humides | 275 |

| | |
|---|-----|
| F. BURJACHS | |
| Paleoecologia botanica de las llanuras litorales del NE de la Peninsula Ibérica : de la Edad del Bronce Final hasta finales de la Edad Media. Reinterpretandos los datos | 183 |

| | |
|--|-----|
| C. PUIG, J.-M. CAROZZA | |
| Les changements de tracés des cours d'eau d'après les sources historiques et géomorphologiques dans la plaine du Roussillon depuis le XII ^e siècle : approche théorique et premiers résultats | 297 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| J.-L. ABBÉ : Conclusion | 313 |
|-------------------------------|-----|

Un projet collectif de recherche sur les ports antiques de Narbonne : paléogéographie et prospections subaquatiques

Julien Cavero *

Hanz Günter-Martin **

Marie-Pierre Jézégou ***

Corinne Sanchez ****

Klaus Storch *****

Depuis 2005, un projet collectif de recherche a entrepris de retrouver la topographie portuaire de la *Colonia Narbo Martius*. L'activité économique de Narbonne, considérée comme le deuxième port de Méditerranée occidentale après Rome, a fait l'objet de nombreux travaux mais les textes anciens sont muets au sujet de l'organisation portuaire. Existait-il un port maritime urbain, aujourd'hui colmaté, que les navires de haute mer pouvaient atteindre par un chenal (Verdeil 1970, 61 et ss. Solier, Moulis 1990, 19) ? *A contrario*, le port urbain était-il alimenté par des avant-ports d'où les marchandises étaient transbordées et acheminées par des allèges vers la ville (Rouzaud 1914, 279 et ss. ; Rouzaud 1916, 167 et ss.) ? Les seuls vestiges attribuables de manière certaine à des infrastructures portuaires ont été repérés à Port la Nautique (Falguera *et al.* 2003) mais ce site n'a fonctionné que durant un siècle avant d'être abandonné autour de 70 après J.-C. Cet avant-port a-t-il alors été déplacé vers un secteur de la lagune dans lequel la sédimentation était moins importante, ou bien en façade maritime, à Gruissan, où une dizaine d'épaves ont été découvertes ?

Les géographes et historiens de l'Antiquité décrivent un environnement réunissant une façade maritime et un espace lagunaire susceptible de constituer un abri pour les navires propice au transbordement de marchandises. Les textes du IV^e siècle avant J.-C. au milieu du II^e

avant J.-C. montrent un territoire entouré de marécages. L'Aude pouvait alors couler au nord-ouest de la ville, dans son chenal wurmien, tout en longeant les murs extérieurs (Verdeil 1967, 413 et ss.). Par contre les textes de la fin du II^e siècle avant J.-C. au I^{er} siècle après J.-C. témoignent de changements importants concernant le nombre des embouchures de l'Aude et sa navigabilité en aval et en amont de la ville (Gayraud 1981, 41). Il semblerait que la navigabilité de l'Aude se soit peu à peu réduite entre la fin du II^e siècle avant J.-C. et le I^{er} siècle après J.-C., se limitant d'abord à l'aval pour s'interrompre complètement ensuite.

Le paysage narbonnais antique, un promontoire proéminent dominant directement de vastes plans d'eau, a été peu à peu oblitéré par les alluvionnements liés aux crues de l'Aude. Les anses, les ports et le réseau fluvial ont été altérés ou ont disparu rendant les relations entre la ville et la mer à l'époque romaine peu lisibles aujourd'hui (Ambert 1998).

Les recherches entreprises depuis le XIX^e siècle démontrent l'extrême complexité du sujet (Dellong 2002, 100-116). Elles ont établi la nécessité de dépasser le stade des études individuelles afin d'appréhender dans leur globalité les modifications naturelles et anthropiques du plan d'eau narbonnais. Pour ce faire, il a été décidé de compiler l'ensemble des données archéologiques et paléo-environnementales disponibles

* CNRS, UMR 5133, Archéorient, Lyon 2

** Société abatonos, Camburg, Allemagne

*** DRASSM, Ministère de la Culture et de la Communication, Marseille

**** CNRS, UMR 5140, Lattes

***** Société soso, Jena, Allemagne

In : ROPIOT (V.), PUIG (C.), MAZIÈRE (F.).— *Les plaines littorales en Méditerranée nord-occidentale. Regards croisés d'histoire, d'archéologie et de géographie de la Protohistoire au Moyen Âge*. Montagnac, éditions monique mergoïl, 2012, pp. 205-224.

sur la zone d'étude au sein d'un SIG. En effet, l'apport de l'analyse spatiale à la restitution des paysages fluvio-lagunaires, en relation avec la migration des lignes de rivage, la sédimentation de l'Aude, la déviation de son cours et le colmatage de la lagune, s'avère déterminante. L'approche de la topographie portuaire de Narbonne antique est étroitement liée à l'évolution du trait de côte, à la navigabilité ou non de l'Aude et à la profondeur de la lagune.

En 2006, des prospections géophysiques subaquatiques ont été effectuées dans les étangs de Bages-Sigean et de Mateille. Elles ont donné des résultats positifs, mais qui ne seront pas tous exploitables archéologiquement, les vestiges étant parfois situés à plusieurs mètres de profondeur sous les terrains actuels.

Enfin, en 2007, des prospections ont été réalisées dans la plaine de Mandirac, à proximité du domaine du Castélou¹ avec l'objectif de retrouver des aménagements associés à un éventuel paléo-cours de l'Aude susceptible d'avoir permis l'acheminement des marchandises vers Narbonne, depuis un nouvel avant-port remplaçant celui de Port-la-Nautique, colmaté par un dépôt rapide (Falguéra *et al.*, 2000). Les premières recherches au Castélou furent conduites dès 1914 sur le chemin rural dit « chaussée de Mandirac » dont on pensait qu'il aurait pu être établi sur un bras de l'Aude canalisé à l'époque romaine. Des alignements de gros blocs équarris, éparpillés sur plus de 200 m de long et associés à de la céramique de la Graufesenque avaient fait penser à un quai (Rouzaud ; 1914, 1916). Par la suite, l'examen des photographies aériennes (Guy 1955, 231-232) a révélé des traces géométriques pouvant être interprétées comme des constructions disposées le long d'un éventuel paléochenal de l'Aude ou de l'une de ses ramifications canalisées, la Robine (Ambert 1995). Dans l'étang, à la pointe sud-ouest du Castélou, des sondages subaquatiques réalisés en 1989 ont révélé la présence de mobilier céramique susceptible d'être interprété comme des rejets de navire en attente d'accès à une embouchure de fleuve ou de canal. En 1999, des prospections pédestres (Sanchez, Dellong 1999) ont montré la présence de vestiges importants (fûts de colonne, blocs en grand appareil et mobilier céramique).

1. Paléogéographie des étangs narbonnais d'après les sources cartographiques anciennes

L'approche développée dans le cadre de cette étude a pour objectif de percevoir l'évolution paléogéographique des étangs narbonnais grâce à l'étude des cartes anciennes. La méthode employée consiste dans un premier temps à collecter ces documents auprès des services d'archive compétents puis, dans un second temps, à les géoréférencer au sein d'un Système d'Information Géographique.

1.1. Choix des cartes

1.1.1. La réalisation d'un corpus de cartes anciennes

L'essentiel des cartes qui ont servi à cette étude sont les cartes topographiques publiées par l'Etat français depuis le XIX^e siècle. Les cartes topographiques au 1/25 000^e actuellement en vigueur, sont le résultat d'une longue histoire de la cartographie, qui a réellement débuté sous sa forme moderne dans la seconde moitié du XVIII^e siècle avec la publication des cartes de Cassini.

La réalisation d'un corpus de cartes anciennes réellement complet et cohérent ne peut se faire sans une connaissance de l'histoire de la cartographie française². Les intitulés des cartes sont ici mentionnés dans leur entier avec les numéros de feuille, le type, les dates de levées et de publication. Bien que toutes ces informations puissent prêter à confusion, elles sont indispensables à la bonne compréhension de la succession des cartes et des méthodes cartographiques³.

La date qui intéresse le paléogéographe est la date de levée de la carte, qui est la seule à rendre réellement compte des opérations de terrain : ainsi une carte publiée en 1860 mais levée en 1852 sera retenue comme étant une photographie du territoire de l'année 1852. Les documents cartographiques que nous avons pu collecter et étudier ici proviennent tous des Archives départementales de l'Aude, à l'exception de la carte la plus ancienne (voir *infra*).

1 Environ 20 ha contigus ont fait l'objet d'une prospection électromagnétique à large maille qui a été conduite par Vivien Mathé et Marion Druez dans le cadre du laboratoire ULR Valor de l'université de La Rochelle. Ces prospections doivent être achevées en 2008 et les résultats seront disponibles en 2009 (Mathe *et al.* 2010).

2 Cette connaissance est indispensable pour comprendre la succession des types de cartes topographiques produites en France depuis la fin du XVIII^e siècle ainsi que des différentes révisions de chaque carte, chacune ayant elle-même donné lieu à plusieurs publications ou tirage et ce au gré des différents organismes en charge de la cartographie du territoire qui se sont eux aussi succédés, précédant l'actuel Institut Géographique National.

3 Signalons ici que ces notices, propres à chaque carte, sont sauvegardées sous la forme de métadonnées, c'est à dire de données sur les données, qui prennent la forme de formulaires directement consultables au sein du SIG (les métadonnées contiennent de plus la localisation des cartes, leur cote correspondante, leur échelle, la projection utilisée lorsqu'il y a lieu et une série de mots clés).

1.1.2. Les cartes topographiques de France

Depuis 1688, le Dépôt de la Guerre est en charge de la publication des cartes. En 1802, sous l'autorité de son directeur, s'est réunie la Commission de la topographie avec pour objectif de définir les conventions en usage dans la réalisation des cartes topographiques. Ainsi la normalisation de signes conventionnels, l'adoption du nord géographique, le choix de l'échelle métrique ou encore du nivellement au niveau de la mer sont autant de décisions prises lors de la réunion de cette commission. Elles ouvrent la voie à la cartographie moderne.

La première carte conçue avec ces recommandations est la carte de France au 1/80 000^e ou carte d'état major, car elle était levée par les officiers du Dépôt de la Guerre. Cette carte est levée en 273 feuilles de 1818 à 1866, et publiée entre 1832 et 1880. Ces documents reprendront en grande partie les données planimétriques du cadastre napoléonien en y rajoutant les informations d'altitude et en y figurant un canevas de méridiens et de parallèles basé sur la projection équivalente de Bonne⁴. Ces cartes seront les cartes topographiques de France les plus anciennes dont nous traiterons ici. Pour Narbonne, il s'agit de la Carte d'état major, feuille de Narbonne n° 244, levée en 1852 et publiée par le Dépôt de la Guerre en 1860.

A partir de 1887, le Service Géographique des Armées remplace le Dépôt de la Guerre et publie plusieurs révisions de la carte d'état major qui conserve le même système de coordonnées mais dont l'échelle connaît un agrandissement photographique à partir de 1888, passant ainsi au 1/50 000^e. Chaque feuille d'état major de l'édition précédente se retrouve découpée en quatre parties (nord-ouest, nord-est, sud-est, sud-ouest) permettant ainsi des feuilles plus maniables à une échelle supérieure. Ces cartes publiées par le SGA sont dites de Type 1889.

Une première carte de ce type est publiée pour Narbonne en 1890, il s'agit de la Carte d'état major type 1889, feuille de Narbonne Sud Ouest n° 244, révisée en 1890 et publiée par le SGA en 1890. Une nouvelle révision en 1901 permettra en 1926 la publication d'une nouvelle carte : Carte d'état major type 1889, feuille de Narbonne Sud Ouest - Sud Est n° 244, révisée en 1901 et publiée par le SGA en 1926. Ces deux dernières cartes affichent le même canevas géographique que la première, c'est-à-dire les méridiens et parallèles de la projection de Bonne.

L'Institut Géographique National, organisme civil en projet depuis des décennies, succède finalement au SGA en 1940. L'institut publie en 1945 une révision de

la carte d'état major type 1889 dont les levées datent de 1937. Cette carte présente la particularité d'afficher un double carroyage : d'une part le canevas de méridiens et de parallèles que nous avons déjà rencontré sur toutes les cartes d'état major, qui fait référence à la projection de Bonne, et d'autre part un carroyage Lambert zone III s'appuyant sur la projection Lambert. Il s'agit de la Carte d'état major type 1889, feuille de Narbonne Sud Ouest Sud Est n° 244, révisée en 1937 et publiée par l'IGN en 1945. Ce double carroyage nous sera d'une grande utilité dans le géoréférencement de ces cartes d'état major.

Un programme de la nouvelle carte de France est approuvé, d'abord en décembre 1920 par l'état major de l'armée, puis en janvier 1922 par le vice-président du Conseil supérieur de guerre. Ce programme prévoit sur vingt ans l'exécution de levées à l'échelle du 1/20 000^e et la publication d'une carte de base au 1/20 000^e et de cartes parallèles au 1/50 000^e en 5 couleurs. La projection de Bonne employée jusqu'alors conservait les surfaces mais pas les angles, ce qui n'était pas sans poser de sérieux problèmes aux artilleurs de la Première Guerre Mondiale, aussi par décision du 18 juin 1915, le directeur du SGA adopte le système Lambert Nord de Guerre⁵. En 1920, le SGA décide de recourir à la projection conique conforme de Lambert avec les quatre systèmes⁶ que nous connaissons actuellement, pour la réalisation de cette nouvelle carte de France. Ces nouvelles cartes, qui préfigurent à quelques détails près nos cartes actuelles, sont dénommées type 1922, en remplacement du type 1889⁷.

Ces cartes type 1922 seront dessinées et publiées par l'IGN à partir de 1953, pour le secteur de Narbonne, à partir de levées stéréographiques et de relevés sur le terrain effectués en 1952. Quatre feuilles dénommées Narbonne XXV-46 (numérotées 1-2, 3-4, 5-6, 7) seront publiées au 1/20 000^e en 1953 ; la feuille dérivée au 1/50 000^e, numérotée n° XXV-46, qui recouvre les quatre précédentes feuilles sera publiée en 1955. C'est cette dernière que nous avons retenue pour notre étude, car son échelle était suffisante et cohérente avec celles de l'ensemble des cartes précédentes. Ces feuilles affichent donc le système de carroyage Lambert III basé sur la projection du même nom et qui est le système que l'on retrouve sur les cartes au 1/25 000^e publiées aujourd'hui.

Le choix de l'échelle du 1/25 000^e, celle des cartes topographiques produites aujourd'hui, a été arrêté en 1964 sous la pression de l'OTAN qui souhaitait une standardisation cartographique. Chaque feuille correspondant alors à une moitié d'une feuille type 1922 au 1/50 000^e, elles garderont la même numérotation et

4 Du nom de l'ingénieur hydrographe Rigobert Bonne qui l'établit en 1752.

5 Basé sur la projection conforme Lambert établie en 1772 par Johann Heinrich Lambert et qui est capable de conserver les angles.

6 I, II, III, et IV, qui correspondent au découpage de la France en quatre zones du nord au sud.

7 Le principe d'une carte de type 1900, qui était une réfection des cartes d'état major, avait été décidé en 1897. Les levées avaient débutées dans la moitié nord de la France, mais trop complexe en raison de leur grande échelle et du trop grand nombre de couleurs préconisé, jusqu'à 12 teintes, elle fut abandonnée après la Première Guerre mondiale.

seront simplement divisées en est et ouest. Ces cartes qui conservent la même projection et la même allure générale que les cartes type 1922 seront nommées type 1972. Pour Narbonne, la carte qui nous intéresse est la carte topographique 2546 OT, type 1972, révisée en 1987 et publiée par l'IGN en 1987.

1.1.3. Les cartes et plans plus anciens

L'ensemble des cartes dont nous venons de retracer l'histoire ci-dessus, constitue une collection exhaustive des cartes topographiques de France publiée depuis le début du XIX^e siècle.

Afin de poursuivre ce travail un peu plus loin dans le temps, il nous fallait alors nous intéresser aux cartes précédemment publiées par le Dépôt de la Guerre. Il s'agit des fameuses cartes de Cassini. Ces cartes sont majeures dans l'histoire de la cartographie française car elles sont les premières à s'appuyer sur une triangulation géométrique du territoire. Néanmoins, la feuille n° 59 de Narbonne, publiée en 1777, n'a pas livré de résultats convenables au géoréférencement. Ce problème est probablement imputable au choix d'une zone trop restreinte qui se devra d'être étendue à l'avenir. Cependant trois autres documents cartographiques qui ne relèvent pas de la cartographie d'Etat, nous permettent d'étendre notre étude jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, égalant de la sorte l'ancienneté de la carte de Cassini.

Il s'agit tout d'abord des planches 2 et 3 d'une série de plans du littoral de la Méditerranée dressée en 4 feuilles d'après les plans de cadastre par les Ponts et Chaussées en 1837 (planche 2) et 1838 (planche 3) au 1/20 000^e. Ces plans, qui s'appuient probablement sur les levés du cadastre napoléonien alors en cours et dont les travaux débiteront en 1802 pour ne s'achever qu'en 1850, sont d'une justesse géométrique étonnante, bien qu'ils n'utilisent pas de système de projection. Ces plans viendront donc compléter notre série de cartes pour la première moitié du XIX^e siècle.

Le document le plus ancien que nous avons retenu date de 1789 ; il est intitulé *carte du canal et de la Robine de Narbonne depuis le canal royal jusqu'à la mer, dressée sous la direction de M. Ducros ingénieur directeur des travaux publics de la Province en 1789*⁸. Cette carte est orientée vers l'est, car l'objectif était alors de représenter dans son entier le canal de la Robine qui s'écoule globalement du nord vers le sud, assurant la jonction entre le canal du midi et Port-la-Nouvelle. Elle est géométriquement très juste. Signalons tout de même que cette carte en noir et blanc semble n'être qu'une copie d'une magnifique carte en couleur levée en 1776 par un dénommé Sausine, qui présente exactement la même topographie ainsi que la même orientation vers l'est, et qui est conservée aux archives des Voies Navigables de France. La limite

chronologique de notre étude recule donc dans le temps jusqu'à l'année 1776.

L'ensemble des documents que nous venons de commenter constitue une collection exhaustive des cartes topographiques de France depuis la moitié du XIX^e siècle, complétée par deux plans et une carte qui nous permettent de remonter jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. Ce corpus de cartes anciennes cohérent nous autorise à procéder à une analyse complète et fiable du territoire pour cette période.

1.2. Géoréférencement des cartes

1.2.1. Méthodologie générale

L'intégration de cette série de cartes au sein du SIG se déroule en deux phases : d'une part la numérisation de ces documents et ensuite leur géoréférencement⁹. La carte la plus ancienne a été numérisée au moyen d'un scanner A0. De format papier, les cartes deviennent donc de format numérique que l'on nomme raster. La question du géoréférencement, terme cartographique désignant le processus qui établit une relation entre les coordonnées d'une image (lignes et colonnes du raster) et un système de coordonnées géographiques connu (Zeiler 1999, 156), constitue le cœur de cette étude. C'est en effet en fonction des résultats obtenus lors de ce traitement que les documents constitutifs de notre corpus de cartes ont été retenus ou non pour notre analyse.

Les logiciels SIG permettent le recalage des images dans un système de projection choisi en les rectifiant. La rectification, qui consiste à appliquer une transformation mathématique, nécessite de renseigner les coordonnées géographiques d'au moins trois points dont on connaît les coordonnées, que l'on nomme amers, dans un système de projection choisi. Le logiciel applique alors une transformation qui ajuste l'image. Un nombre de liens supérieurs à trois, introduit des erreurs, ou résidus, qui sont distribués sur tous les liens et calculés sous forme d'erreurs RMS (pour Root Mean Square). L'erreur RMS est une mesure de la différence entre un positionnement connu et un positionnement interpolé ou digitalisé (Wade, Sommer 2006, 182). Plusieurs types de transformation sont proposés par le logiciel. La plus courante est la transformation polynomiale affine de premier ordre qui est une transformation géométrique permettant de convertir des coordonnées entre deux espaces euclidiens. Trois ordres de transformation affine existent : plus l'ordre est élevé, plus la déformation corrigée peut être complexe. Il existe une autre transformation dite spline qui est une procédure d'ajustement systématique des coordonnées de tous les points d'un jeu de données, ce qui se révèle utile lorsque les points de contrôle sont très importants et doivent être inscrits avec précision.

8 Il nous a été communiqué par la Société Nautique de Narbonne qui en conservait une copie dans ses archives.

9 Dans le cadre de cette étude la majorité des cartes ont été très professionnellement photographiées par les soins des archives départementales de l'Aude que nous remercions ici.

| Intitulé | Levée / révision | Publication | Echelle | système de coordonnées | Nombre de point de calage | Transformation | Erreurs RMS |
|--|-------------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------|
| Carte du canal et de la Roine de Narbonne depuis le canal royal jusqu'à la mer | 1789 | 1789 | 2 lieues pour 100 toises | - | 21 | Spline | 0 |
| Plans du littoral de la Méditerranée dressé en 4 feuilles d'après les plans de cadastre par les Ponts et Chaussées | 1837 (planche 2, partie nord) | 1838 | 1/20 000 ^{ème} | - | 12 | Affine, 2 ^{ème} ordre | 93,5 |
| | 1838 (planche 3, partie sud) | 1838 | 1/20 000 ^{ème} | - | 9 | Affine, 2 ^{ème} ordre | 17,57 |
| Carte d'État major, feuille de Narbonne, n°244 | 1852 | 1860 | 1/80 000 ^{ème} | Canevas de Bonne | 10 | Affine, 1 ^{er} ordre | 44,25 |
| Carte d'État major type 1889, feuille de Narbonne Sud Ouest, n°244 | 1890 | 1890 | 1/50 000 ^{ème} | Canevas de Bonne | 8 | Affine, 1 ^{er} ordre | 31,65 |
| Carte d'État major type 1889, feuille de Narbonne Sud Ouest-Sud Est, n°244 | 1901 | 1926 | 1/50 000 ^{ème} | Canevas de Bonne | 10 | Affine, 1 ^{er} ordre | 30,47 |
| Carte d'État major type 1889, feuille de Narbonne Sud Ouest-Sud Est, n°244 | 1937 | 1945 | 1/50 000 ^{ème} | Canevas de Bonne / Lambert III | 9 | Affine, 1 ^{er} ordre | 98,62 |
| Nouvelle carte de France type 1922, feuille de Narbonne, n°XXV-46 | 1952 | 1955 | 1/50 000 ^{ème} | Lambert III | 4 | Affine, 1 ^{er} ordre | 3,82 |

Fig. 1 : Synthèse des cartes anciennes géoréférencées.

Les méthodes de transformation choisies ne sont pas les mêmes pour tous les types de carte ; elles sont résumées, avec les erreurs RMS, dans le tableau synthétique des cartes géoréférencées (fig. 1).

Dans le cas présent ce travail de géoréférencement s'est déroulé de façon régressive dans le temps, en partant d'un fond cartographique de référence et en remontant le temps, carte par carte, ou plutôt type de carte par type de carte.

1. 2. 2. Les cartes utilisant un système de projection Lambert (depuis 1920)

Le fonds cartographique actuel auquel nous avons choisi de faire référence est la carte topographique au 1/25 000^e, sous la forme de référentiel numérique Scan25 délivré par l'IGN, et dont le PCR disposait déjà au sein de son SIG. Le système de projection retenu par le PCR pour son SIG est le système Lambert zone III, c'est-à-dire le système le mieux adapté pour cette partie sud du territoire métropolitain. Géoréférencer les cartes anciennes consiste donc à les recalcr dans ce système de coordonnées.

Les cartes de type 1922 ne posent aucun problème puisqu'elles sont construites dans ce système de coordonnées et affichent donc le carroyage Lambert. Quatre points du carroyage suffisent à géoréférencer cette carte avec une transformation affine de premier ordre.

La dernière des cartes d'état major, publiée par l'IGN en 1945, et dont la révision date de 1937, figure à la fois le carroyage Lambert et le canevas de Bonne, ce qui permet de la géoréférencer dans les mêmes conditions

que la précédente, en prenant toutefois le plus de points possible, car dans ce cas, la carte n'a pas été construite dans ce système là mais avec le canevas de Bonne, le carroyage Lambert ayant juste été rajouté en surimpression par l'IGN lors du tirage de 1945.

1. 2. 3. Les cartes utilisant le canevas de Bonne (1860-1920)

Le canevas de Bonne ne présentant pas de coordonnées planimétriques (en unités métriques) mais des coordonnées géographiques (en degrés), il était impossible de s'y reporter pour recalcr les cartes, les transformations appliquées par le logiciel ne pouvant s'effectuer sur des coordonnées géographiques. C'est pourquoi le géoréférencement de la carte de 1937, qui présente un double carroyage, livre un résultat essentiel à savoir le recalage du canevas de Bonne dans le système Lambert III. Ce résultat nous permet dès lors d'aborder le géoréférencement des autres cartes d'état major grâce à une méthodologie des plus simples : le canevas de Bonne de la carte de 1937 servira de référence pour recalcr toutes les autres cartes utilisant ce même système.

Ainsi les cartes d'Etat major correspondant aux révisions de 1901, 1890 et la première publiée d'après des levées de 1852, qui n'affichent que la projection de Bonne, ont pu être géoréférencées en se basant sur le canevas de la carte de 1937, carte qui est ici méthodologiquement comparable à une pierre de Rosette. Cette méthodologie mise en œuvre s'est appuyée sur une transformation affine de premier ordre, qui s'est avérée suffisante en raison de la qualité des amers choisis.

1.2.4. Les cartes sans système de projection (avant 1860)

Les planches 2 et 3 des *plans du littoral de la Méditerranée dressée en 4 feuilles d'après les plans de cadastre* par les Ponts et Chaussées en 1837/1838, et la *Carte du canal et de la Robine de Narbonne depuis le canal royal jusqu'à la mer*, dressée sous la direction de M. Ducros en 1789, ont été retenues dans cette étude en raison justement du bon résultat qu'a livré leur géoréférencement.

Pour ces cartes sans carroyage, les amers sont choisis parmi les éléments présents sur la carte. Il s'agit de faire le lien entre des lieux bien repérés et suffisamment stables dans le temps pour apparaître sur des cartes d'époques différentes ce sont en général les édifices religieux, des ouvrages d'art (ponts) ou encore des points topographiques (le Roc de Conillac ou la tour du village de Gruissan). Pour ces cartes, il est nécessaire de prendre un maximum d'amers car, même si l'erreur de transformation mathématique peut augmenter avec la création de liens supplémentaires, la précision générale de la transformation augmente également.

Pour la zone qui nous concerne, les plans des Ponts et Chaussées présentent la difficulté supplémentaire d'être constitués de deux feuilles se recouvrant en partie. En conséquence, il faut que le géoréférencement soit suffisamment bon pour les deux feuilles afin qu'elles s'assemblent parfaitement. Les feuilles ont pu être géoréférencées en se servant des limites communales qui y sont figurées et dont on retrouve le même tracé sur la carte d'état major de 1852. Ces points, plus quelques autres, ont permis de recalcr ces deux plans en utilisant une transformation affine de second ordre. Ces deux plans se sont ainsi parfaitement assemblés entre eux. Ce bon résultat et la date très intéressante de leur levée, nous ont naturellement conduits à les retenir.

La carte de 1789, copie d'une carte de 1776, a été recalée à partir d'une vingtaine d'amers avec l'application d'une transformation spline qui, en ajustant l'ensemble des amers, a livré un recalage satisfaisant.

Les cartes ainsi géoréférencées servent alors de base à la vectorisation systématique du contour des étangs pour chacune d'entre elles, produisant ainsi une couche vectorielle au sein du SIG où sont renseignés, selon les dates de levées respectives de chaque carte, huit contours d'étang : 1789, 1837-38, 1852, 1890, 1901, 1937, 1952 et le référentiel actuel. Ces données permettent la réalisation de cartes paléogéographiques depuis la fin du XVIII^e siècle qui, nous allons le voir, témoignent du colmatage rapide de ce complexe d'étangs.

1.3. Paléogéographie des étangs narbonnais

1.3.1. Evolution récente du Castélou

La paléogéographie ainsi mise en évidence est riche d'enseignements quant aux possibilités de navigation dans cet espace. Le secteur du Castélou présentait, il y a seulement quelques siècles, une côte bien différente de celle que nous connaissons actuellement (fig. 2). La carte de 1789, dont le tracé semble remonter à 1776, atteste de cette paléogéographie pour laquelle nous avons pu retrouver nombre de toponymes qui n'existent plus, témoignant là encore des importants changements qui ont eu lieu dans cet espace¹⁰. La côte du Castélou, telle que la figure la carte de 1789, apparaît comme nettement plus découpée que sur les cartes récentes. On remarque en premier lieu l'existence d'une anse, dénommée ici anse de Montfort (car juste au sud du domaine de Montfort), qui s'avance dans les terres vers l'est en direction du canal de la Robine qui assure la jonction entre la ville de Narbonne et le complexe d'étangs. La côte qui se poursuit plus au sud est dénommée côte du Demi-Vaillant (Gourret 1897, 311) jusqu'à une île que nous avons nommée Îlette car nous la retrouverons plus tard, dans une configuration plus restreinte, sous le nom de pointe de l'Îlette. Cette île délimite à l'ouest un golfe qui remonte dans les terres, bordé à l'est par le canal de la Robine. Ce golfe est alors connu sous le nom de golfe de Tournebelle (Gourret 1897, 312), toponyme que l'on retrouve de nos jours au niveau de cet ancien golfe, le long du canal de la Robine (Grand Tournebelle, Petit Tournebelle et Tournebelle le Neuf sur la carte topographique actuelle au 1/25 000^e 11).

Cette configuration à la fin du XVIII^e siècle va évoluer assez rapidement puisqu'en 1837, d'après les plans levés par les Ponts et Chaussées, l'anse de Montfort est toujours présente mais son atterrissement a débuté, tandis que le golfe de Tournebelle s'est en partie colmaté. La sédimentation a rejoint l'Îlette, la rattachant pour l'essentiel à la terre ferme, et ne laissant subsister, sous la forme d'une petite île qui prendra alors le nom de pointe de l'Îlette (Gourret 1897, 295), que son extrémité méridionale (telle que nous pouvions l'observer à la fin du XVIII^e siècle).

Au milieu du XIX^e siècle, la morphologie de la côte est sensiblement la même si ce n'est la côte du Demi-Vaillant qui tend à s'avancer dans l'étang, attestant des processus de colmatage à l'œuvre pour cette période. Au début du XX^e siècle la situation est radicalement différente, la paléogéographie laisse alors deviner la configuration actuelle de cette côte : l'anse de Montfort s'est totalement colmatée alors que l'atterrissement

10 L'ensemble des toponymes que nous mentionnerons ici ont pu être identifiés grâce à un ouvrage de la fin du XIX^e siècle qui décrit les étangs et les pêcheries du midi de la France (Gourret 1897, 295).

11 Tournebelle ou Tournevelle indique un espace dans lequel les navires manœuvraient entraînant de fréquents virements de bord (Alibert 1993, 667, 690).

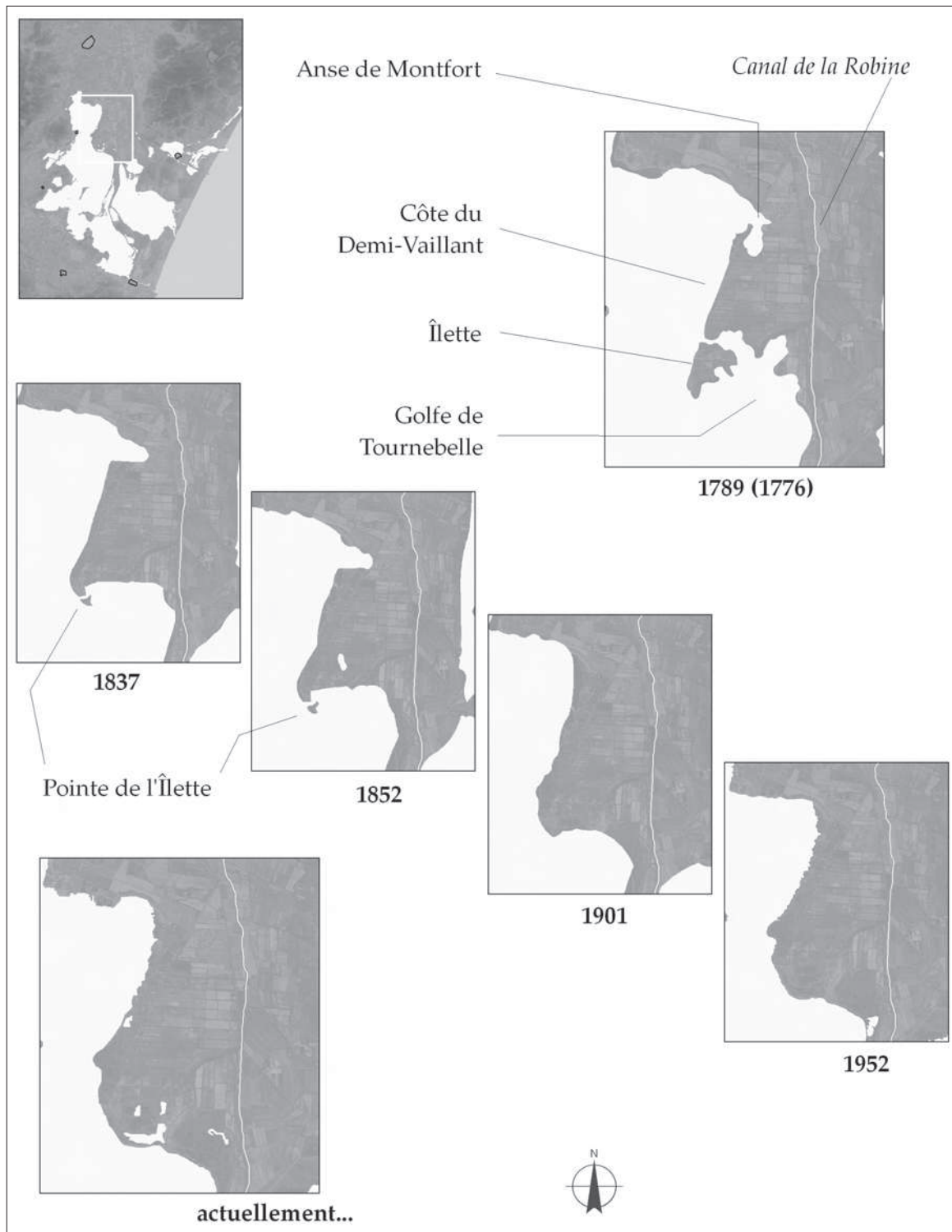


Fig. 2 : Paléogéographie du Castérou.

progressif du golfe de Tournebelle à l'est et l'avancée de la côte du Demi-Vaillant ont eu pour conséquence la disparition de la pointe de l'Îlette dans la géographie et dans la toponymie. Signalons que c'est également dans le début de ce siècle que le toponyme du Demi-Vaillant disparaît à son tour.

La carte de 1952 atteste de l'évolution de cette côte qui poursuit son atterrissement vers l'ouest, en faisant progresser la côte du Demi-Vaillant et aussi vers le sud en contribuant au colmatage du golfe de Tournebelle,

colmatage qui sera total à la fin du XX^e siècle, contribuant à modeler la physionomie actuelle de cet espace.

L'évolution récente du Castérou témoigne de la rapidité des phénomènes d'atterrissement dans ces étangs et permet de proposer quelques hypothèses quant à la navigation ancienne dans cet espace. En effet, l'anse de Montfort, en plus de présenter un mouillage abrité, pourrait avoir été reliée à la ville de Narbonne par un ancien bras de l'Aude canalisé ou non. Il en va de même pour le golfe de Tournebelle qui remontait vers le nord,

le long de cet éventuel bras du fleuve. Remarquons pour finir que les toponymes associés à cet espace, en plus d'une paléogéographie évocatrice, laissent présager d'un usage maritime des lieux.

1.3.2. La déconnexion des étangs de Gruissan

Le cas des étangs de Gruissan, plus à l'est, est tout aussi éloquent en terme de vitesse de colmatage. Cet espace était constitué, à la fin du XVIII^e siècle, d'un vaste

complexe d'étangs tous connectés les uns aux autres, assurant ainsi des possibilités de navigation, ce qui n'est plus du tout le cas actuellement (fig. 3). Au début du XIX^e siècle, sept étangs sont clairement identifiés par la toponymie : l'étang du Capitoul, longue étendue d'eau qui remonte vers le nord, relié par l'étang de la Gourgue à l'étang de Campagnol au sud et à l'étang de Gruissan à l'est. L'étang de Campagnol se prolonge vers le sud jusqu'à la mer par l'étang de l'Ayrolle et le grau de la Vieille Nouvelle. L'étang de Gruissan est connecté à la

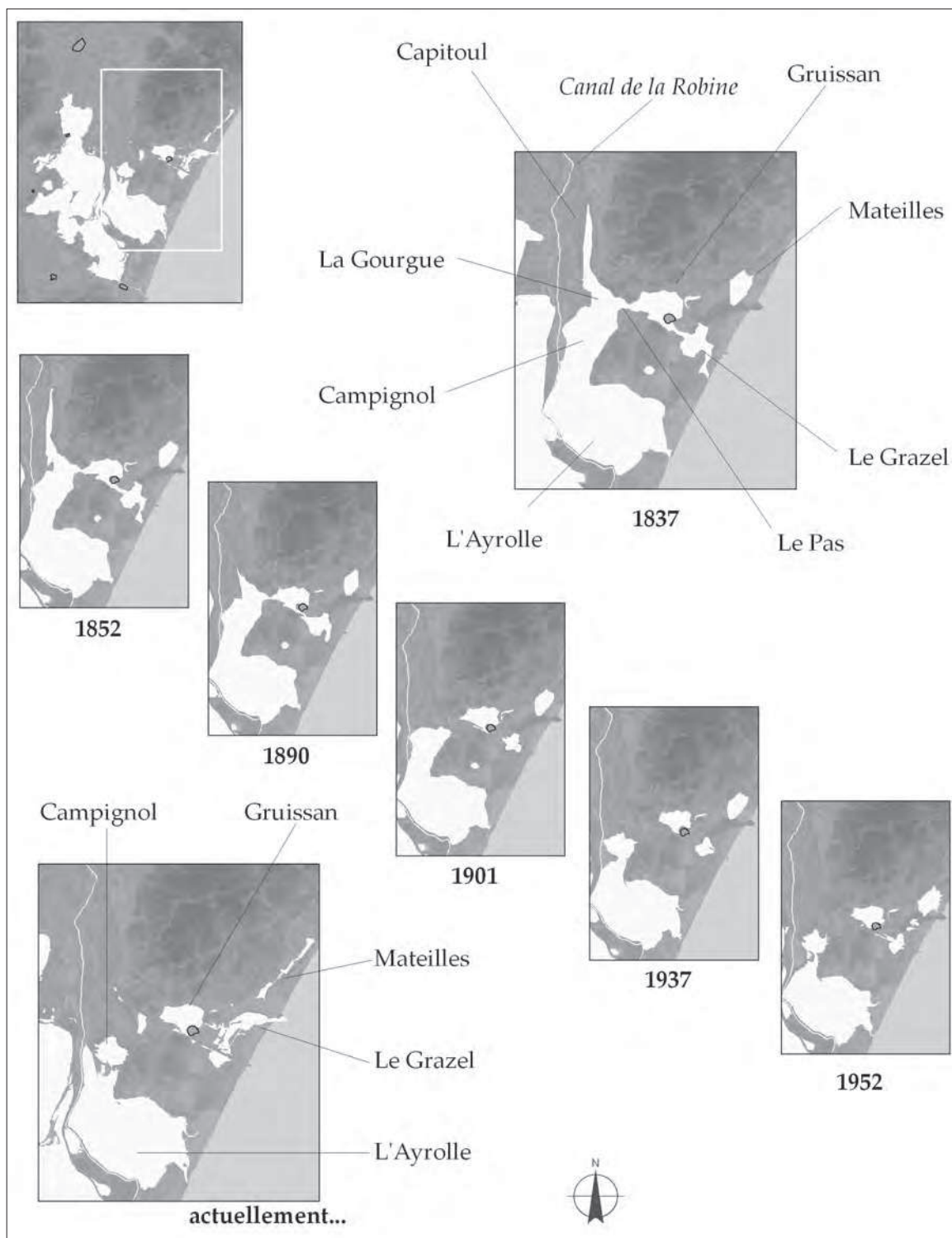


Fig. 3 : Déconnexion des étangs de Gruissan.

mer vers le sud-est par l'étang du Grazel et le grau du même nom (Gourret 1897, 295).

Cette situation va perdurer jusqu'à la moitié du XIX^e siècle, avant d'être profondément modifiée dès la seconde moitié de ce siècle par une importante sédimentation qui progressera du nord vers le sud. En 1890, l'étang du Capitoul, qui remontait de plusieurs kilomètres vers le nord et le canal de la Robine, donc vers la ville de Narbonne, s'est presque totalement colmaté pour ne subsister que sous forme de relique, bien que la toponymie ait gardé cette langue d'eau en mémoire puisque la dénomination « ancien étang du capitoul » apparaît sur les cartes modernes. Les étangs restent pourtant connectés entre eux à la fin de ce siècle ce qui ne sera plus le cas au début du XX^e siècle. La carte de 1901 témoigne de deux événements d'importance : la déconnexion des étangs du Grazel et de Gruissan et le colmatage de l'étang de la Gourgue qui a pour conséquence de déconnecter les étangs de Campagnol et de l'Ayrolle du complexe d'étangs de Gruissan. Le colmatage de l'étang de la Gourgue a eu pour conséquence directe de mettre fin au passage entre les étangs de Gruissan et du Capitoul qui était dénommé le Pas. La fin du Pas, qui correspondait à un étang que l'on nommait Carretals (car les charrettes pouvaient le traverser profitant d'un fond remarquablement dur), contraint les populations à construire la route et le pont de Mandirac, toujours en service, afin de garantir la pérennité de cet axe de communication au-dessus des vases molles déposées lors du colmatage de cet espace (Gourret 1897, 300).

Cette dynamique va se poursuivre tout au long du XX^e siècle contribuant à rétrécir sensiblement les étangs du Grazel et de Gruissan à l'est et à isoler l'étang de Campagnol de l'étang de l'Ayrolle à l'ouest. Sur la carte de 1952, ces deux étangs sont presque dissociés. Le passage dit « des Goules », entre ces deux étangs, est en voie de colmatage, colmatage qui s'achèvera dans la deuxième moitié du XX^e siècle, pour aboutir à la situation actuelle. Les étangs du Grazel et de Mateilles (qui semblent stables tout au long de la période traitée ici) seront profondément remaniés par les aménagements anthropiques de la fin du XX^e siècle. Ces aménagements ont consisté en dragages permettant de les aménager en bassins portuaires, rétablissant en même temps le grau de Grazel dont le fonctionnement avait cessé dès la fin du XIX^e siècle.

La déconnexion des étangs de Gruissan s'est donc effectuée en un siècle entre la fin du XIX^e siècle et la fin du XX^e siècle, ce qui permet d'envisager de nombreuses possibilités de navigation pour des époques antérieures, possibilités que la physionomie actuelle des lieux ne montre pas. D'une part, l'étang du Capitoul, en remontant vers le nord, permettait un accès à une éventuelle voie d'eau juste en aval de la ville de Narbonne, d'autre part, l'interconnexion entre tous ces étangs offraient deux accès maritimes via le grau de la Vieille Nouvelle et le grau de Grazel. Cet espace entièrement connecté constituait donc une très belle voie d'accès vers la ville de Narbonne, ce qui n'est absolument plus le cas aujourd'hui.

1.3.3. Le delta de la Berre

L'évolution morphologique du secteur du delta de la Berre, au sud ouest du complexe d'étangs narbonnais, témoigne des intenses processus de colmatage à l'œuvre dans ces lagunes et nous renseigne sur une des causes probables de la rapidité de ces phénomènes.

Cet espace (fig. 4), embouchure de la Berre qui s'écoule depuis le sud ouest dans l'étang, se caractérise par une série d'îles bien identifiées tant sur les cartes anciennes que sur les cartes actuelles. Outre l'île Ste Lucie au sud, quatre autres îles parsèment cet espace : la Planasse formée de dépôts pléistocènes, l'Aute de formation tertiaire, l'île du Soulier et l'île des Oulous. Cette dernière se trouve juste dans l'axe du cours de la Berre. La configuration de cet espace, à la fin du XVIII^e siècle, laisse apparaître l'importance de ces îles quant aux possibilités de navigation. Deux passages étaient alors primordiaux : le Grand Passage (ou Cabal) au sud de l'île de l'Aute, et le Petit Passage à l'ouest, entre cet île et l'île Ste Lucie. La carte de 1789 montre cet espace entièrement ouvert avec une langue d'eau dénommée l'Œil de Chat et qui s'enfonçait dans les terres vers l'ouest. Le plan levé par les Ponts et Chaussées en 1838 témoigne du colmatage de cet Œil de Chat, qui subsistera malgré tout dans la toponymie et sera aménagé en saline par la suite, ainsi que de la progradation du delta de la Berre qui avance sensiblement sur l'étang et sur laquelle nous reviendrons.

Arrêtons nous un instant sur la carte levée en 1852 qui figure un élément dont nous n'avons pas parlé jusqu'à présent et qui semble jouer un rôle majeur dans l'évolution de ces étangs. Il s'agit de la ligne de chemin de fer de Perpignan qui fut construite entre 1857 et 1859, en suivant globalement le tracé du canal de la Robine. Bien que la première carte d'état major ait été levée en 1852, elle fait figurer cette voie, pourtant construite quelques années après. Il est alors probable que cet élément ait été rajouté au moment de la publication de cette carte qui n'intervient qu'en 1860 (ceci expliquant l'anachronisme visible sur la fig. 4). La construction de cet ouvrage eut comme conséquences, d'une part l'isolement de l'étang du Charlot entre le canal de la Robine à l'est, l'île Ste Lucie au sud et la ligne de chemin de fer à l'ouest, d'autre part la scission du complexe d'étangs narbonnais, accélérant ainsi les processus de colmatage à l'œuvre. La déconnexion des étangs de Gruissan semble s'accélérer à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle.

La progradation du delta de la Berre se poursuit au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, et finit par rejoindre l'île des Oulous, ce qui est visible sur la carte de 1890. La sédimentation vient donc prendre appui sur cette île qui n'en sera plus une à partir de là mais dont la toponymie gardera le souvenir puisque l'île des Oulous est encore mentionnée sur nos cartes à l'extrémité du delta de la Berre. Cette jonction établie par le fleuve avec un point au milieu de l'étang délimite un espace de sédimentation en amont de ce point favorisant de la sorte les actions de remplissage sédimentaire. Ainsi,

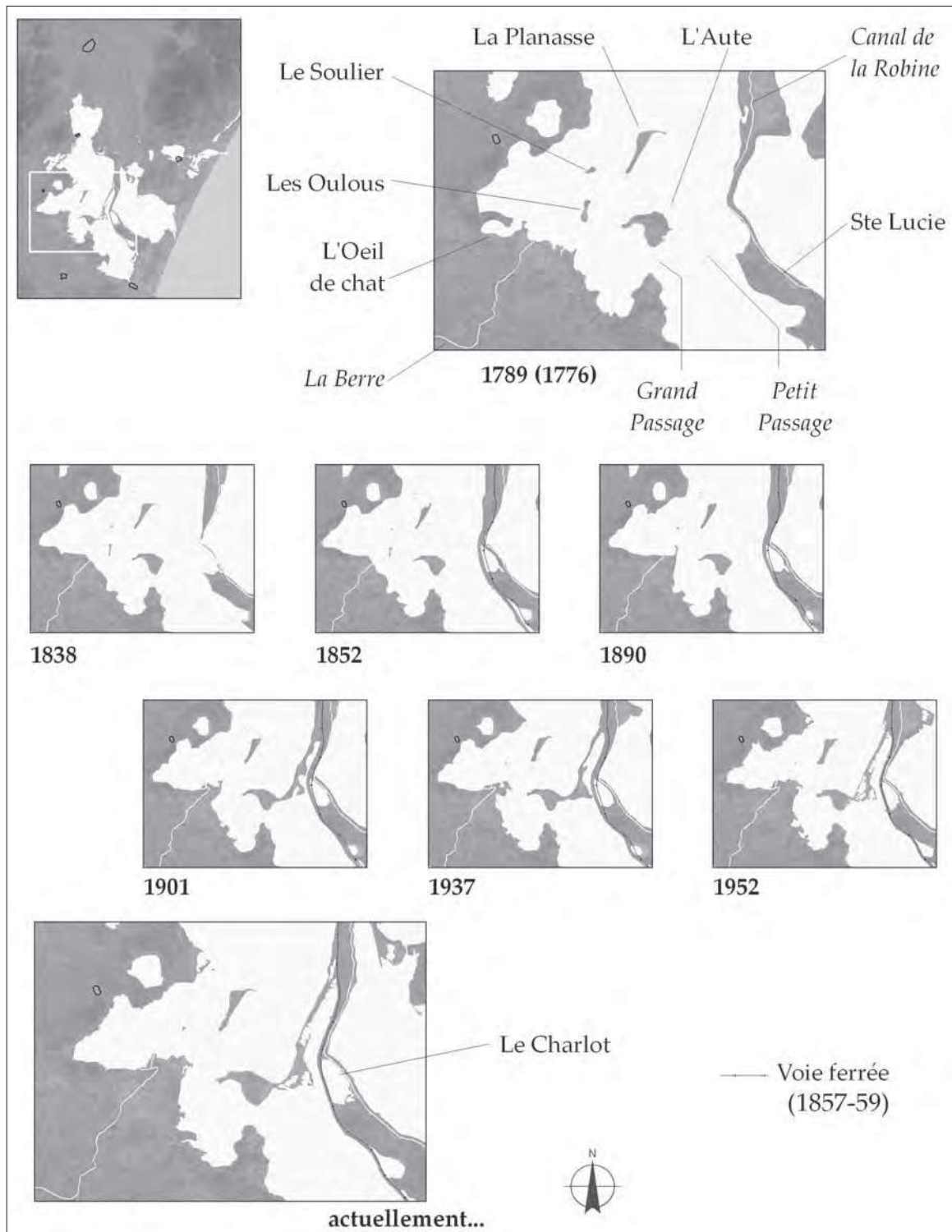


Fig. 4 : Evolution à l'embouchure de la Berre.

depuis la fin du XIX^e siècle, la Berre engraisse cet espace, modifiant la morphologie de son delta, évolution que nous pouvons suivre sur les cartes de 1901, 1937 et 1952, avant d'aboutir à la situation que l'on peut observer actuellement.

C'est également à la fin du XIX^e siècle que survient l'atterrissement du Petit Passage. Bien que cela ne soit

cartographiquement visible qu'à partir de la carte de 1901, le processus de sédimentation a dû réellement prendre de l'ampleur dès la construction de la ligne de chemin de fer¹². Cette accumulation de sédiments qui relie l'île de l'Aute à la terre ferme peut être assimilée à un tombolo dont la morphologie variera peu au cours du XX^e siècle. Cette configuration est celle que nous

12 En effet, Paul Gourret qualifie ces atterrissements de récents en 1897 (Gourret 1897, 309).

connaissons aujourd'hui, où seul le Grand Passage assure la jonction entre l'étang et la mer.

L'évolution de ce secteur apparaît donc comme un modèle de géomorphologie dynamique avec la progradation du delta de la Berre qui prend appui sur une île et la formation d'un tombolo qui barre le Petit Passage. Les processus de remplissage sédimentaire ont réduit les possibilités de navigation au sein de cet espace. La construction de la ligne de chemin de fer entre 1857 et 1859 semble avoir joué un rôle majeur dans l'accélération du colmatage des étangs en les compartimentant.

2. Les prospections géophysiques subaquatiques

À Port-la-Nautique la prospection avait plusieurs objectifs. À l'ouest de la zone, il s'agissait de vérifier l'hypothèse d'un môle ou d'une jetée destinée à abriter l'anse septentrionale de l'étang de Bages-Sigean ; à l'est, le but était de confirmer l'hypothèse d'un possible bras de l'Aude débouchant au nord de l'étang et responsable du colmatage de ce secteur de la lagune. Dans les bassins de la Société Nautique de Narbonne, l'objectif était de reconnaître d'éventuels points de transbordement de cargaisons. À Gruissan, l'objectif était de localiser de nouvelles structures portuaires susceptibles de correspondre à d'éventuels avant-ports de la fin du I^e siècle au III^e siècle après J.-C.

Le recours à un système intégral d'acquisition des données utilisant des capteurs géophysiques associés à un système de navigation permettant le traitement postérieur de l'information a semblé le plus approprié pour couvrir de larges surfaces à travers une épaisseur de sédiment de plusieurs mètres. L'opération a été confiée aux Sociétés allemandes Abatonos et SOSO qui associent, respectivement, l'expérience d'un archéologue et celle d'un géophysicien¹³.

2.1. La méthodologie

Le système retenu utilise :

- une plate-forme de flottaison,
- un système d'acquisition des données par ondes radio,
- un système de navigation GPS,
- un sondeur paramétrique de sédiment à deux fréquences,
- un système de traitement des données.

La plate-forme de base est un petit catamaran de 1 m de long conçu pour porter le sondeur et l'antenne de positionnement différentiel par satellite (GPS) dans le but d'établir avec la plus grande précision la position des

signaux acoustiques reçus. Le catamaran peut parcourir 20 km par jour.

Le sondeur de sédiment possède un système d'acquisition des données à deux fréquences (haute et basse) qui génèrent des coupes du sous-sol marin de -0,1 à -50 mètres. La haute fréquence livre une image de la surface du fond marin et des premiers cm. La basse fréquence permet d'atteindre le substrat en générant des cartes de haute résolution de la densité des sédiments fondée sur leurs caractéristiques acoustiques. Leur interprétation met en évidence les différentes unités qui composent le sous-sol. Sur chaque profil, la profondeur des réflecteurs mesurée en mètres ou en temps et représentant les couches sédimentaires est pointée régulièrement. Une interpolation calculée sur ces points permet d'aboutir à la reconstitution géométrique de ces couches.

La finesse de l'analyse dépend de la maille des passages du sondeur dans une aire donnée. Plus les passages sont rapprochés, plus la précision est grande. Dans le cas présent, une maille initiale de 10 m a été retenue mais dès que des indices apparaissaient, elle était réduite à 1 m.

L'interprétation des données permet de différencier les sédiments marins des artefacts qui y sont contenus. Elle permet également de détecter d'anciens lits de fleuve recouverts de sédiments marins. Il existe quelques limites aux capacités de détection du sondeur de sédiment. Par exemple, des sables durs, de granulométrie moyenne à grosse, peuvent constituer une masse compacte interdisant le passage des ondes. D'autre part, le bois gorgé d'eau a la même densité que l'eau et en conséquence il n'est pas toujours détecté par le sondeur¹⁴. Ainsi on peut imaginer qu'une coque de navire entièrement vide échapperait à la détection ; cette probabilité est faible, même sur les épaves antiques, en raison du cloutage en fer ou en bronze toujours présent.

2.2. La Nautique secteur ouest

Dans ce secteur, des traces peut être attribuables à un quai ou à un môle avaient été repérées par Max Guy, sur des photos aériennes (Guy 1955, 217). En 1994, une reconnaissance à vue et un piquetage avaient révélé une longue arête rocheuse, de direction sensiblement nord-sud. Les photos aériennes montraient que cette arête rocheuse était très rectiligne, peut être plus que ne pourrait être un affleurement naturel, et se prolongeait vers le large. Si l'hypothèse de l'aménagement d'une arête rocheuse naturelle venait à être validée, celle-ci aurait pu constituer un môle protégeant le port des vents dominants et de la houle venant de l'ouest. Par ailleurs, ces photos aériennes montraient d'autres taches « géométriques », orientées d'est en ouest et susceptibles de

13 Abatonos : Dr. Hanz Günter Martin, abatonos@alice-dsl.net ; SOSO : Dr. Klaus Storch, storch@soso-jena.de

14 Des pieux verticaux seraient détectés plus aisément que des vestiges de navire épars puisqu'ils apparaîtraient dans les tableaux de somme d'échos sur une plus grande hauteur.

correspondre à d'autres aménagements.

Le tableau avec la somme des données (fig. 5) ne montre aucune anomalie orientée du nord vers le sud. Par contre, il montre une ligne relativement droite, de l'est vers l'ouest, entre les positions 654040 mètres et 654240 mètres E. Cette ligne droite pourrait laisser soupçonner l'existence d'une construction proche du rivage mais cette image ne se retrouve pas dans les coupes réalisées à différentes profondeurs (fig. 6). En conséquence, il semble que l'on soit plutôt face à des matériaux dispersés à différents niveaux et ne constituant ni des fondations ni même un horizon de destruction. En conclusion, la présence d'aménagements anthropiques immergés et conservés *in situ* n'est pas formellement attestée.

2.3. La Nautique, secteur est

Dans ce secteur, l'objectif de la prospection était de mettre en évidence l'existence éventuelle d'un paléocours de l'Aude susceptible d'avoir entraîné le colmatage subit de la lagune observé par les géomorphologues (Falguera *et al.* 2000, fig. 4). La zone a été recouverte par des sédiments venant d'un fleuve, comme on peut l'observer avec l'interruption des isobathes, à partir de la position 655110 mètres E (fig. 7). La quantité de sédiments arrivant jusqu'à une profondeur d'au moins 8 m est anormalement grande (fig. 8). Le sondeur montre une image typique du delta d'un fleuve, mais il est difficile, à première vue, de savoir si cette couche de sédiments a été provoquée par le petit cours d'eau venant de la station d'épuration ou s'il faut plutôt penser à un ancien fleuve plus grand. Un élément supplémentaire est observable à - 11 m de profondeur, très près du littoral sous la forme d'un écho vert isolé mais relativement fort, à la position 655295,198 mètres E et 93497,460 mètres N. Un endroit antisonique aussi net à cette profondeur est suspect : il est très vraisemblable qu'un fleuve ait apporté des matériaux avant la sédimentation actuelle sans que l'on puisse dater le phénomène.

2.4. La Nautique, port de plaisance (2 bassins orientaux)

La prospection avait pour objectif d'accéder à un espace habituellement fermé aux explorations subaquatiques alors qu'il est tout à fait envisageable que le port moderne ait pu recouvrir le port antique. Les relevés n'étaient possibles qu'entre les bateaux et les appontements qui apparaissent comme des surfaces blanches. Parmi les cinq bandes blanches orientées nord-sud, la bande centrale qui s'allonge triangulairement vers le sud représente le môle divisant le port en deux bassins. Les autres raies blanches représentent les débarcadères et les bateaux de plaisance. La prospection s'est révélée positive à trois endroits. (fig. 9) :

- à l'est du môle principal, coordonnées moyennes = 654570 mètres E et 93730 mètres N,

- à l'ouest de ce môle, coordonnées moyennes = 654520 mètres E et 93730 mètres N,

- dans l'angle sud-ouest du bassin occidental, = 654450 mètres E et 93740 mètres N.

La profondeur d'enfouissement des artefacts est constante (1 m) et prouve qu'il ne peut pas s'agir de rejets récents liés à l'activité portuaire contemporaine.

Des sondages ont été entrepris en 2007 afin de vérifier les données de la prospection. Un premier sondage a été implanté dans le bassin oriental, à l'est du môle principal (fig. 10). À une profondeur d'un mètre sont apparus des coquillages (moules et coques) mêlés à quelques artefacts modernes présents depuis la surface: verre, marbre, etc... et à une planche de bois inidentifiable. Nous avons persévéré jusqu'à 1,3 m de profondeur sous le sol actuel puis un piquetage a été entrepris au fond du sondage. La pique s'est enfoncée sur 2 m de profondeur sans rencontrer aucun point dur. L'ensemble du secteur oriental sur lequel les anomalies ont été repérées en 2006, soit une superficie de 45 m², a alors fait l'objet d'un piquetage qui n'a donné aucun résultat à l'exception de la présence récurrente de coquillages à une profondeur constante d'un mètre.

Les efforts se sont alors portés dans le bassin occidental, de l'autre côté du môle. Cette fois, le sondage de 1 m² (fig. 10) a révélé deux niveaux de coquillages, l'un à 45 cm de profondeur sous le sédiment actuel, l'autre à 95 cm (fig. 11) accompagné de mobilier archéologique en place datable du I^{er} siècle après J.-C. (fig. 12) : un fragment de col et une lèvre d'amphore Haltern 70, un vase de petite taille, presque entier, pâte sableuse réductrice de type A2 et un fond d'amphore peut être originaire de Bétique. Les opérations ont été interrompues prématurément en raison des mauvaises conditions météorologiques alors qu'un piquetage au fond du sondage signalait la présence d'un autre niveau archéologique.

Le troisième point à vérifier se trouvait dans l'angle sud-ouest du bassin occidental de la Société Nautique. L'anomalie recouvrait un secteur de 21 m² (fig. 10). A cet endroit nous n'avons pas pu pratiquer de sondage mais un piquetage soigneux n'a révélé aucun point dur à l'exception d'un niveau de coquillages présent sur tout le secteur, à un mètre de profondeur.

Au final, deux des trois anomalies relevées en 2006 (S1 et Zone 3) correspondent uniquement à un lit de coquillages. Il semblerait que nous ayons affaire à un niveau de fond d'étang recouvert par un apport sédimentaire. La troisième anomalie présente le même faciès de coquillages que S1 mais associés à des vestiges du I^{er} siècle de notre ère. Nous aurions donc, à un mètre de profondeur sous les sédiments actuels, soit à 2,1 m sous le 0 NGF, un niveau de fond d'étang fréquenté à l'époque romaine. La nature de cette fréquentation est encore difficile à caractériser. L'étude des conchyliorrestes réalisée par Anne Bardot indique qu'ils relèvent

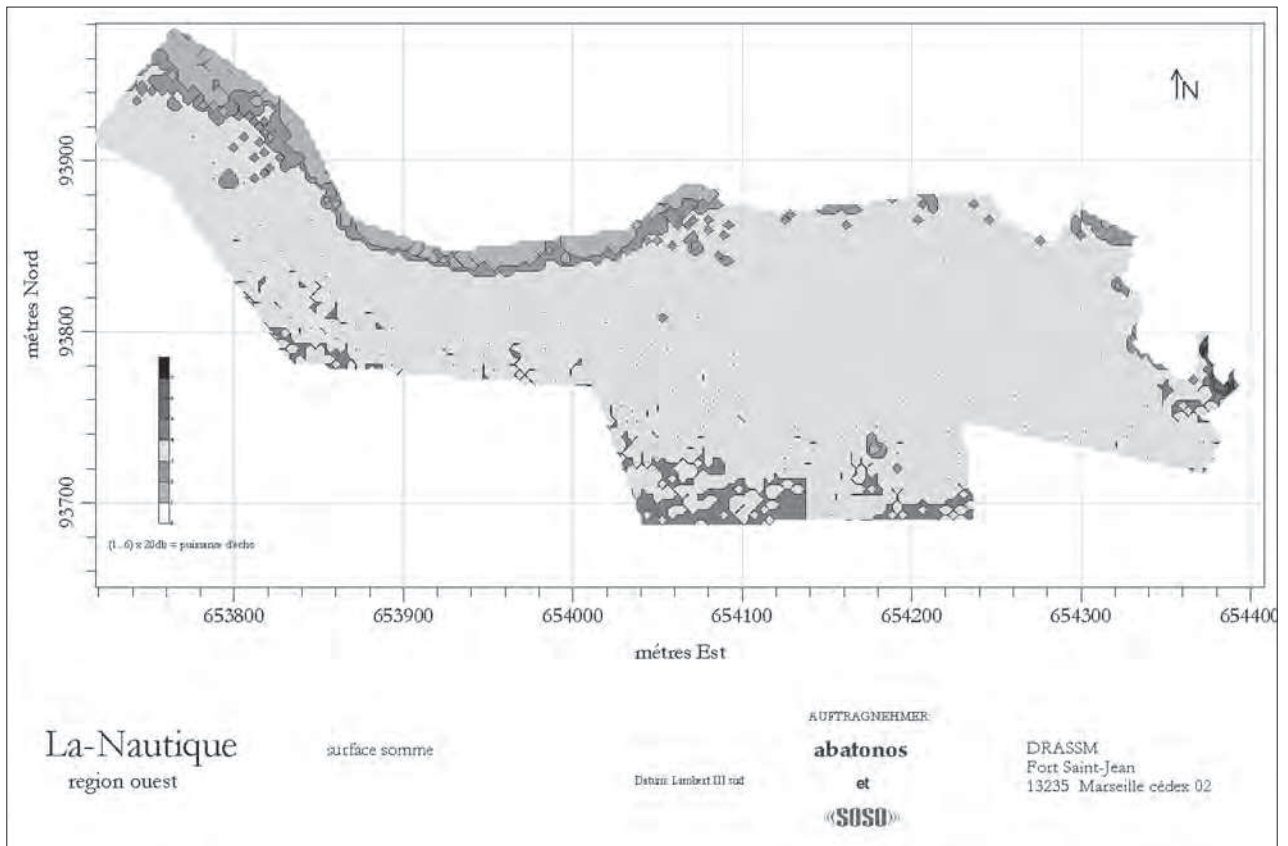


Fig. 5 : La Nautique Ouest, somme des données en surface.

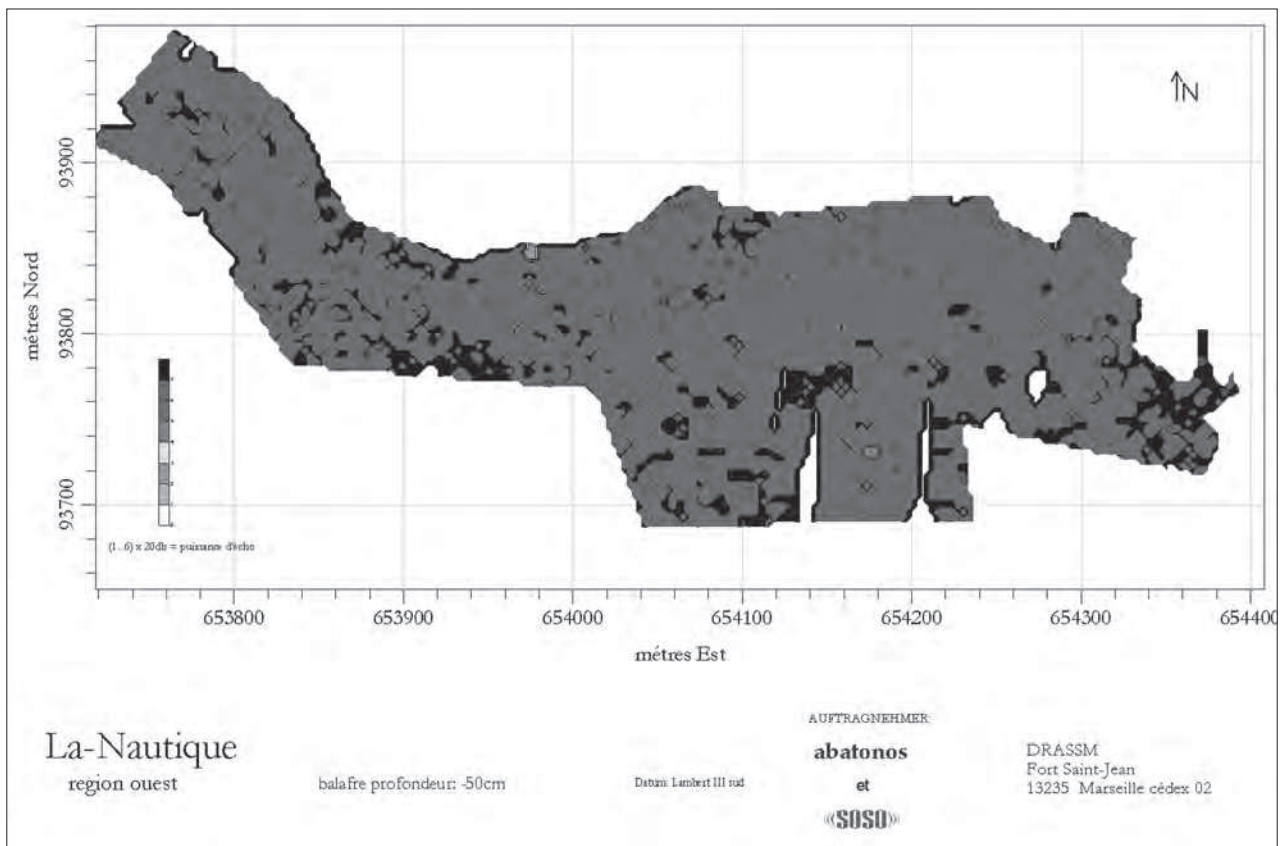


Fig. 6 : La Nautique Ouest, coupe à -50 cm.

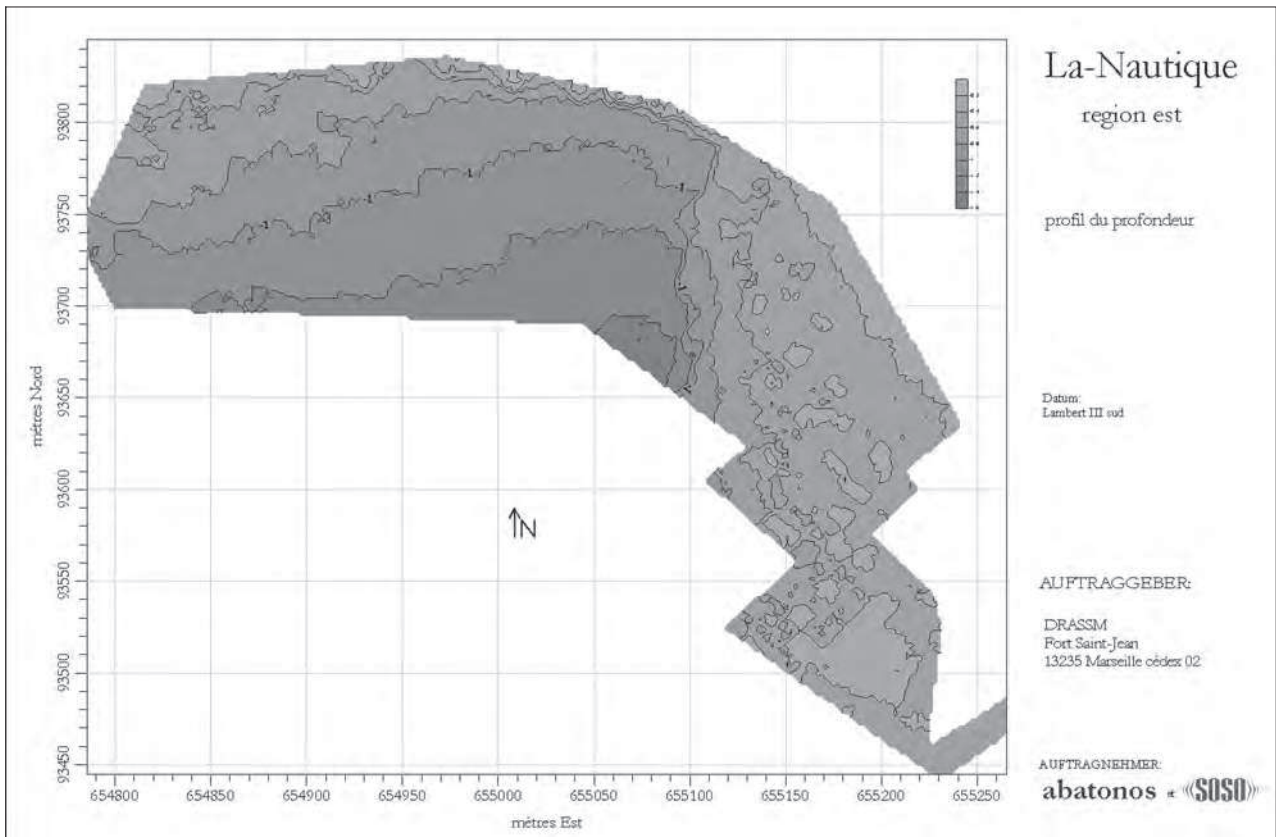


Fig. 7 : La Nautique Est, profil bathymétrique.

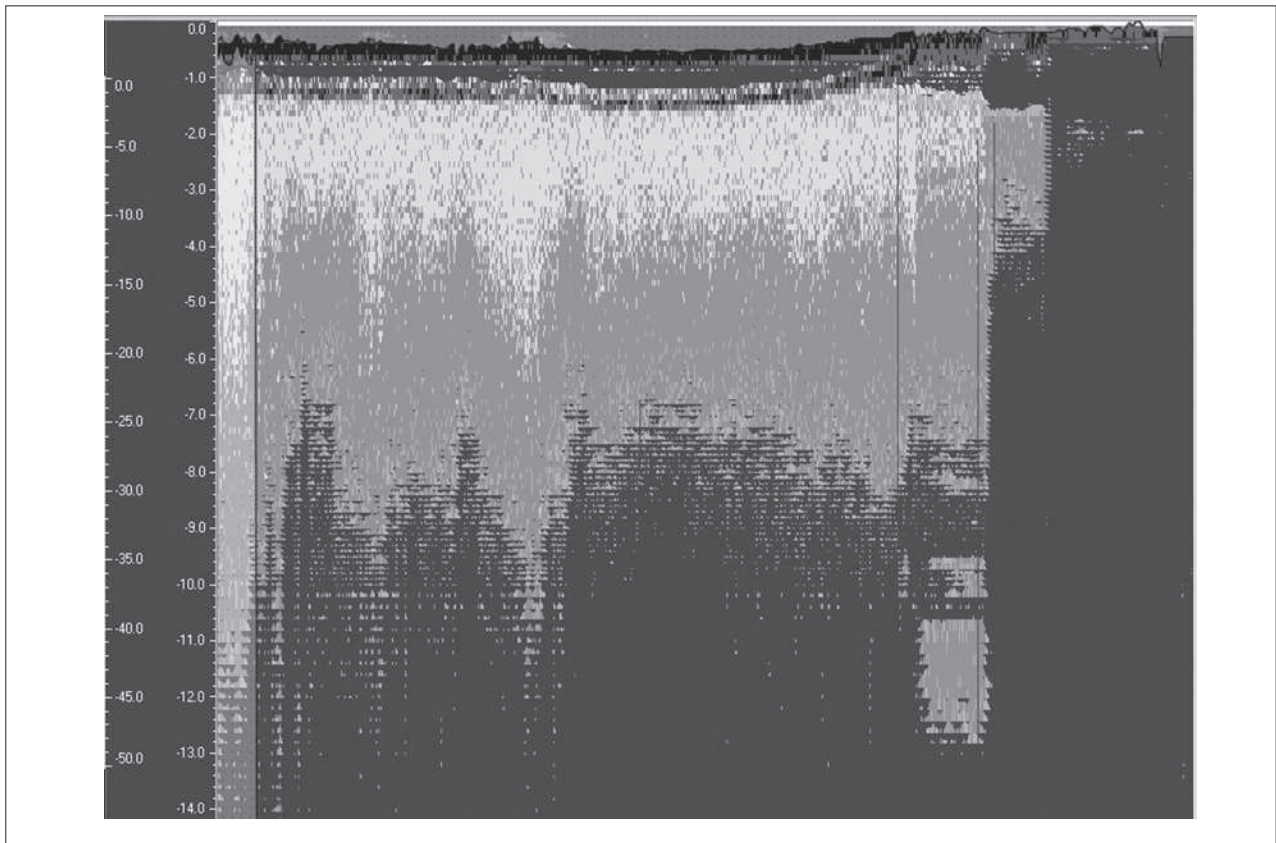


Fig. 8 : La Nautique Est, copie d'écran du sonar.

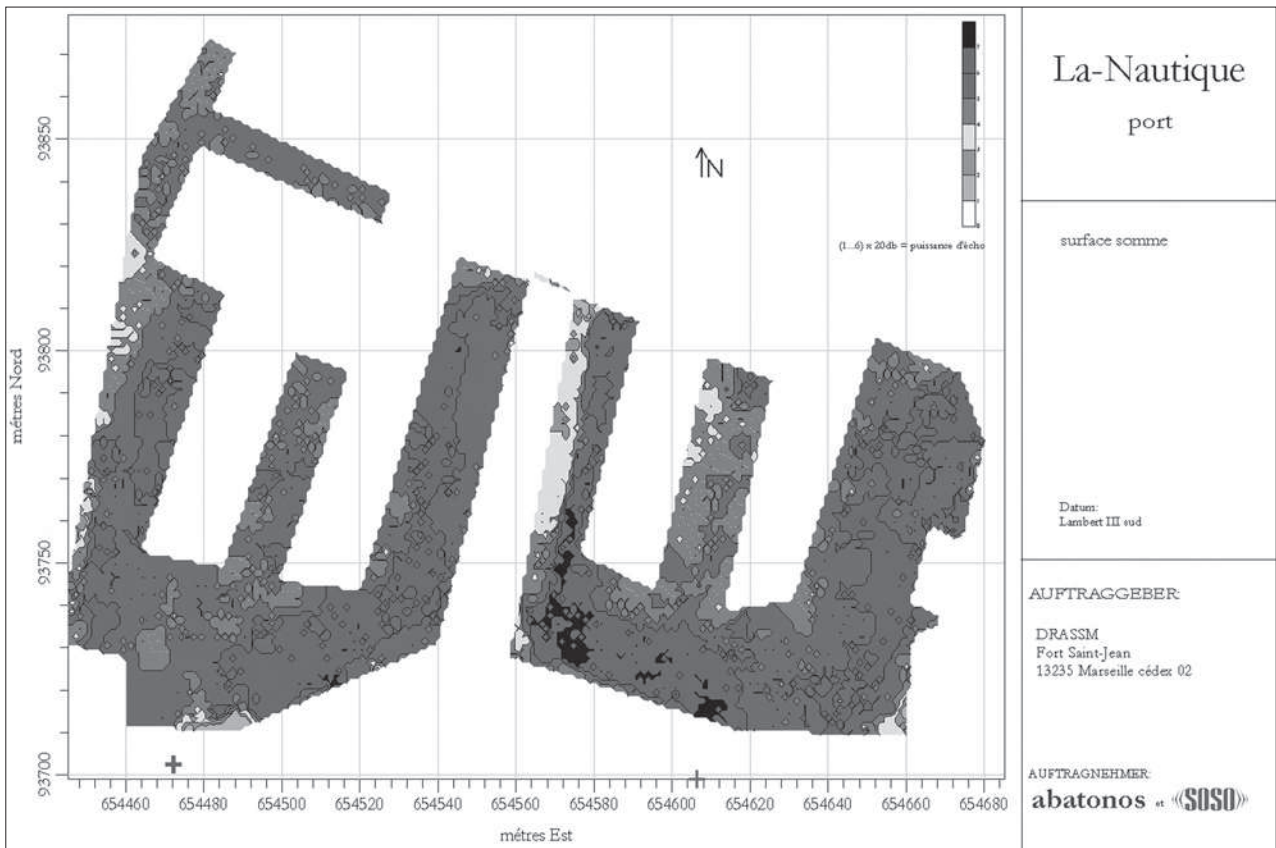


Fig. 9 : La Nautique port de plaisance, somme des données en surface.

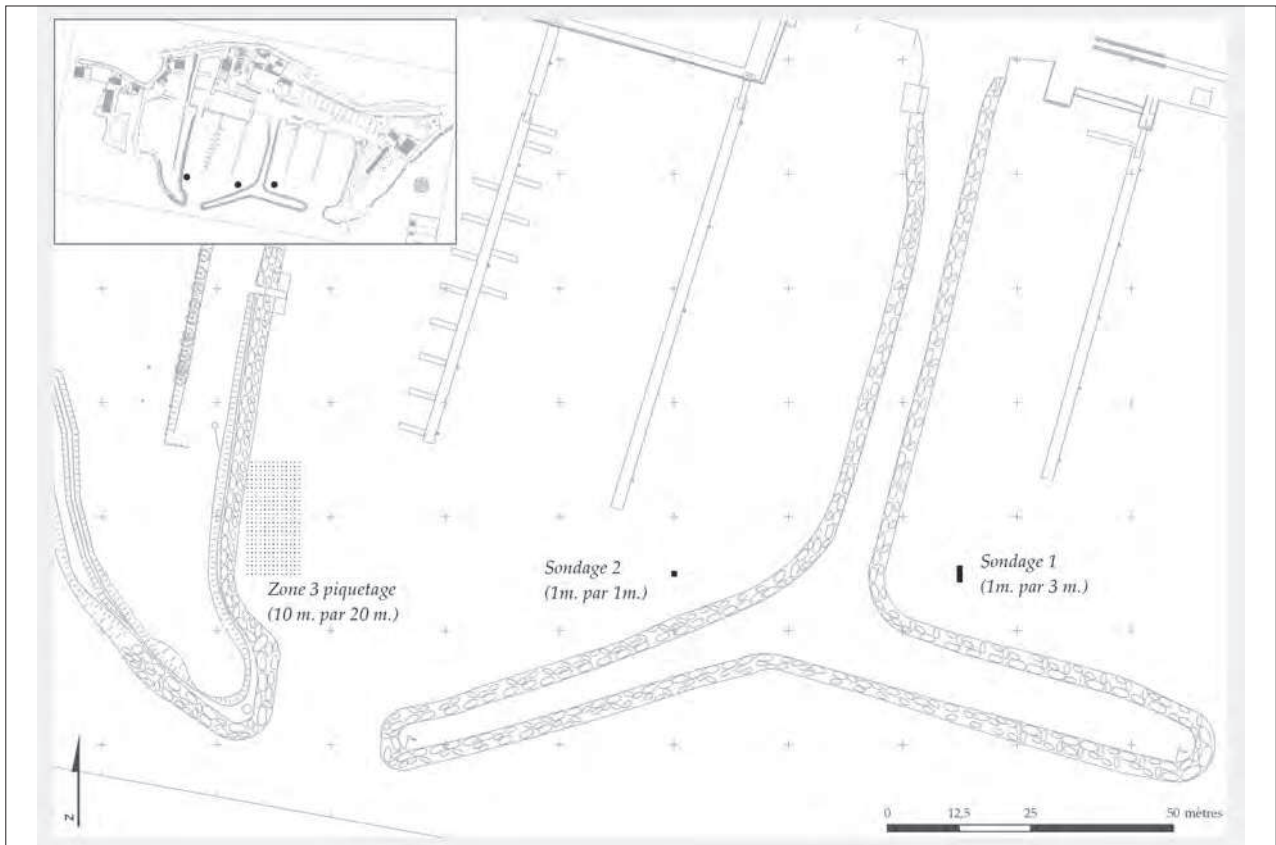


Fig. 10 : La Nautique port de plaisance, localisation des sondages.

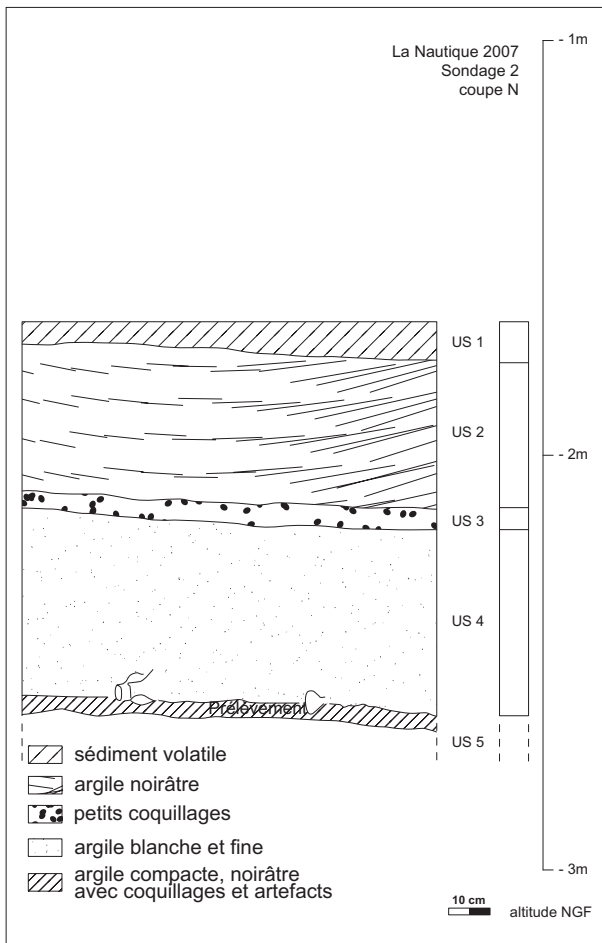


Fig. 11 : La Nautique port de plaisance, somme des données en surface.

d'un plan d'eau, plus ou moins fermé, souvent séparé de la mer ouverte, à substrat de vase, sable ou sable vaseux. Le degré de salinité varie de l'eau saumâtre à faible salinité à l'hypersalinité.

2. 5. Gruissan : étang de Mateille

Les prospections concernent pratiquement toute la partie occidentale de cette très longue lagune. La largeur a été explorée en totalité ; 300 m ont été couverts d'est en ouest. De 1969 à 1994, la construction du port de plaisance de Gruissan a complètement remodelé le paysage entre les anciens îlots et la plage.

Pendant ces travaux, menés à l'aide d'une drague, 9 entités archéologiques d'époque romaine (dont au moins 6 épaves) ont été partiellement détruites dans les secteurs du Grazel, du Grand Bassin et de Mateilles (Solier *et al.* 1981, 17, 24). Sur les rives septentrionales et méridionales de Mateille, deux épaves ont été repérées, Mateille A et Mateille B, cette dernière étant conservée probablement en grande partie. Un diagnostic archéologique a été prescrit en 2003 à l'occasion de l'aménagement d'une ZAC (Rescanières 2003, 39). La lagune a été à nouveau reliée, dans son extrémité occidentale, à l'avant port de Gruissan par le biais d'un canal. Ce diagnostic n'a donné aucun résultat, le carottier ayant subi un refus à partir de 2 m de profondeur. Lors de la construction du chenal, la lagune a été excavée jusqu'à une profondeur de 6 à 8 m.

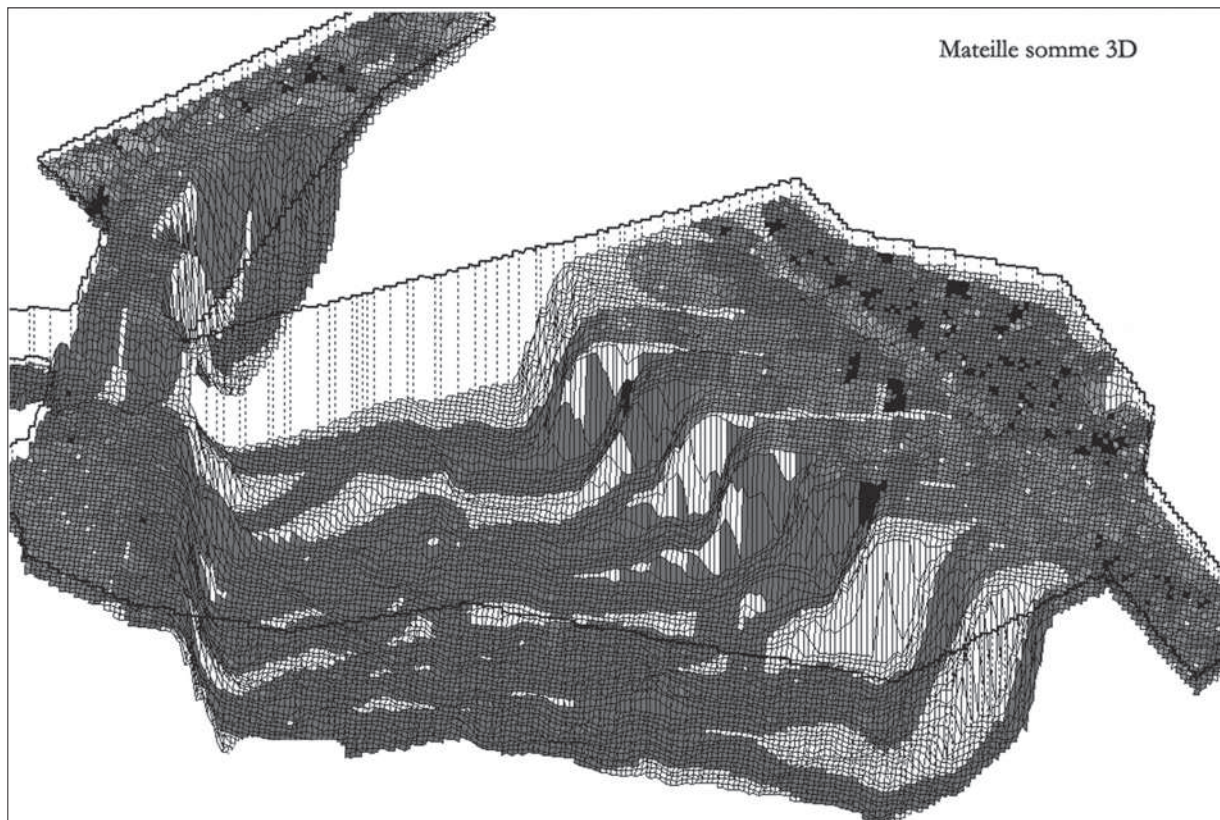


Fig. 12 : Étang de Mateille, somme des données en surface présentée en 3D.

Les résultats du sondeur de sédiment (fig. 12) sont très prometteurs. Ils indiquent la présence d'une fosse de 10 m de large (coordonnées : 91500 à 91570 N et 663530 à 663580 E) qui pourrait correspondre à un ancien bassin portuaire recelant encore des épaves ayant fixé le sédiment au fil des siècles. Plusieurs échos semblent indiquer la présence de constructions (coordonnées moyennes = 91320 N et 663480 E) ou d'épaves (coordonnées moyennes = 91670 N et 663670 E). La lagune devait autrefois être de 5 à 10 m plus profonde. Avec le temps, elle s'est presque totalement colmatée, mais les sédiments ont probablement protégé les niveaux antiques et préservé des aménagements d'origine anthropique et des épaves. Malheureusement de nombreux échos se trouvent à des profondeurs comprises entre 8 et 13 m sous le fond d'étang actuel et en conséquence seront difficilement vérifiables.

2. 6. Gruissan : l'île Saint-Martin

2. 6. 1 Synthèse des connaissances

L'île Saint-Martin, sur la commune de Gruissan, représente encore aujourd'hui un point remarquable dans le complexe des étangs narbonnais. Dès 1908, H. Rouzaud signale des découvertes localisées aux environs du domaine de l'Evêque (PV du BCAN, 04-05-1908, p. LVI). M. Guy, reprend en détail le dossier pour sa synthèse sur les ports de Narbonne (Guy 1955). Il met en évidence l'importance du site de Saint-Martin-le-Bas, à l'ouest de l'île, et propose la plage de l'Evêque comme débarcadère. Les observations de M. Guy se répartissent en trois zones (fig. 13). La zone A correspond aux fouilles du site de « Saint-Martin-le-Bas » (Sanchez *et al.* 2000) tandis que la zone C pourrait correspondre à son extension vers le nord. Cette zone privée n'est maintenant plus accessible. La zone C, à l'ouest, est plus difficile à interpréter, mais le caractère rectiligne des rochers laisse penser que nous sommes dans une ancienne zone d'extraction de pierres, comme c'est le cas à l'île

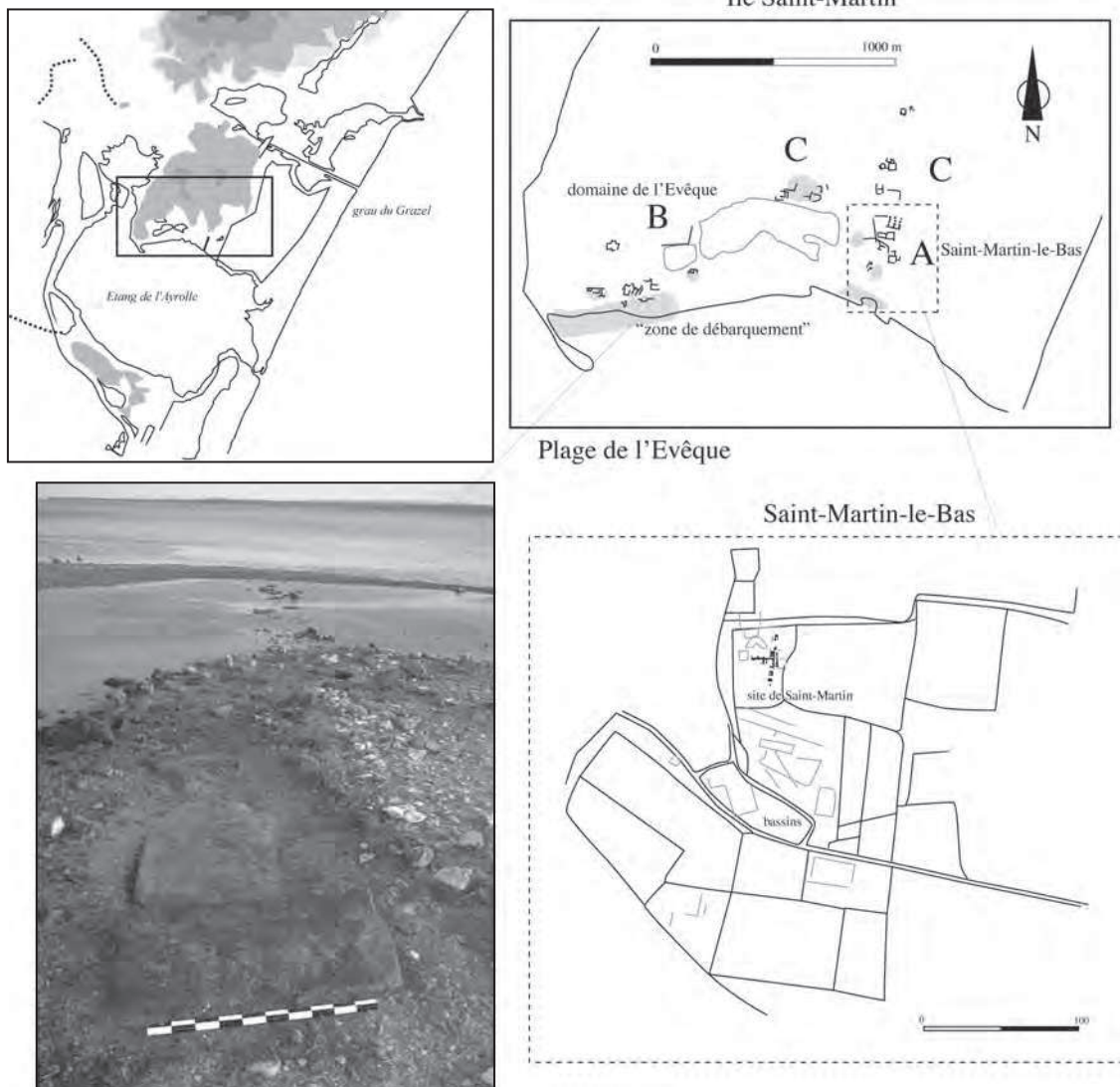


Fig. 13 : Île Saint-Martin.

Sainte-Lucie. La zone B, à l'ouest de l'île apporte des éléments sur un autre établissement probable où M. Guy signale des poteries du Ier s. Il précise également « un peu plus au sud sur la plage, on trouve quantités d'amphores abandonnées par les navires » (archives SRA). Actuellement, la zone autour du domaine de l'Evêque est plus difficile d'accès à cause de la végétation, mais les prospections pédestres montrent la présence d'artefacts, notamment des fragments d'amphores italiques et du mobilier du Ier s. de n. è. La présence de grands blocs (fig. 13) en limite du rivage pouvait laisser supposer un aménagement à cet endroit que M. Guy avait qualifié de « zone de débarquement » (zone B).

Outre le domaine de l'Evêque, le site dit de « Saint-Martin-le-Bas » (fig. 13) fut interprété comme un possible avant-port de Narbonne (Guy 1955, 237). L'utilisation complémentaire de la photo-interprétation et de la prospection archéologique a permis de faire un certain nombre d'observations sur les traces repérées dans les parcelles. Le site est connu en partie par les fouilles (Sanchez *et al.* 2000) : un bâtiment en grand appareil a une position centrale et sert d'appui à des aménagements périphériques. Une pièce chauffée par un système d'hypocauste a été en partie dégagée. Au Nord, sous le chemin, un pavement en *opus signinum* est encore visible. Il témoigne, vu son niveau d'apparition, d'un établissement construit sur plusieurs niveaux en pente vers l'étendue d'eau. La chronologie des vestiges s'étend entre le I^{er} s. av. J.-C. et l'Antiquité tardive et couvrent une surface d'environ 5000 m². Des bassins de grandes dimensions sont présents entre le site et l'étang : le plus complet mesure 7,20 sur 3,60 m et est entièrement recouvert de mortier de tuileau. Les bassins et la zone d'habitation présentent des orientations différentes. Ces bassins semblent tournés vers le rivage puisqu'une zone vierge de tous vestiges les sépare du site de Saint-Martin-le-Bas. L'hypothèse de citernes ne peut s'appuyer sur la rareté de l'eau potable puisqu'il existe dans la partie septentrionale du site un aven constituant une ressource en eau. D'autre part, le caractère luxueux du site de l'île Saint-Martin, sa position offrant une vue remarquable sur les étangs, laissent supposer que cet établissement puisse être une *villa maritima*. Les bassins pourraient alors être des viviers, communs sur ce type de *villa*. Bien que proposé comme un des avant-ports de Narbonne (Gayraud 1981, 527 ; Solier 1981, 260), les vestiges présents sur l'île Saint-Martin doivent donc être réinterprétés. Il reste également à déterminer par des prospections la présence d'aménagements éventuels entre le site et le rivage.

2. 6. 2. La détection subaquatique en bordure du rivage

Des prospections subaquatiques ont été menées en 2007 le long de la côte sud de l'île Saint-Martin entre la pointe de la Grève et l'Ayrolle avec l'objectif de retrouver l'ancien trait de côte et de repérer la présence éventuelle de bâtiments ou d'installations maritimes anciennes. Pour des raisons techniques liées soit à la

très faible hauteur d'eau (de 5 à 50 cm), soit à la nature particulière du sous-sol, soit à des problèmes techniques lors de la prise de mesure, les signaux obtenus sont très faibles et apparaissent comme derrière un voile. En conséquence, nous avons choisi de ne présenter aucune image car elles ne seraient pas comparables avec celles obtenues dans les autres secteurs.

A l'est de la zone, une anomalie a été constatée sur une bande d'environ 20 mètres de largeur (coordonnées moyennes : 87310 à 87330 mètres N et 658780 à 658830 mètres E). Il pourrait s'agir d'une compression du rivage moderne qui n'est pas facile à expliquer car, à l'intérieur d'une lagune, il ne se produit pas d'aussi forts mouvements de la mer. Il pourrait également s'agir d'une ligne de rivage plus ancienne.

A l'ouest, deux anomalies apparaissent sous la forme de deux grandes structures parallèles orientées du nord-ouest vers le sud-est, éloignées l'une de l'autre de 70 m, ouvertes vers la lagune et ne suivant pas le trait de côte actuel. Un retour en angle droit suggère la forme d'un bassin. Ces formes sont peut-être à mettre en relation avec une ancienne exploitation de sel qui reste à dater.

3. Conclusion

Les prospections réalisées dans le cadre du P.C.R. en 2006 et 2007 ont permis de détecter la présence de nouveaux vestiges aussi bien terrestres que subaquatiques. Ces résultats devront être vérifiés par des sondages archéologiques dans les années à venir. Pour le milieu subaquatique, les sondeurs de sédiment permettent de couvrir de larges surfaces, rapidement, à peu de frais et de manière non destructrice. Leur utilisation est très bien adaptée à la prospection extensive.

A Mandirac, la prospection électromagnétique à large maille recouvre en partie des terrains situés dans une zone à l'intérieur de laquelle l'examen des cartes anciennes a permis de mettre en évidence l'existence, au XVIII^e siècle, de deux baies abritées (anse de Monfort et golfe de Tournebelle) aujourd'hui colmatées (fig. 14).

La méthode consistant à compiler et à intégrer au sein d'un SIG un corpus de cartes anciennes s'avère riche d'enseignements tant du point de vue de l'histoire de la cartographie que des résultats paléogéographiques obtenus. La paléogéographie des étangs narbonnais, telle que nous venons de la décrire depuis la fin du XVIII^e siècle, met en relief plusieurs éléments intéressants quand aux possibilités de navigation, et de jonction entre la mer et la ville de Narbonne. Il s'agit :

- de la disparition de l'anse de Montfort au début du XX^e siècle.
- du colmatage de golfe de Tournebelle entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle.
- du colmatage de l'étang du Capitoul à la fin du XIX^e siècle.
- de la déconnexion des étangs de Gruissan entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle.
- de la progradation importante du delta de la Berre



Fig. 14 : Prospection électromagnétique à large maille recalée sur une carte du XVIII^e siècle.

et du colmatage du Petit Passage entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle.

Ces éléments apparaissent comme fondamentaux dans la compréhension du système portuaire narbonnais antique et c'est pourquoi cette approche se devra d'être poursuivie afin de tenter de remonter encore un peu plus dans le temps.

BIBLIOGRAPHIE

Alibert 1993 : ALIBERT (J.) — Dictionnaire occitan français selon les parlers languedociens. Toulouse, Institut d'études Occitanes, 1993, (1^{ère} éd. 1966).

Ambert 1998 : AMBERT (P.) — Le cadre géologique et géographique de Narbonne antique. In : CAMPS (G.) (dir.) — *L'homme préhistorique et la mer. Actes du 120^e Congrès national des Sociétés Savantes Historiques et Scientifiques, Aix en Provence, 23-26 octobre 1995*. Paris, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, 1998, pp. 93-105.

Chapuis 2007 : CHAPUIS (O.) — *Carte des côtes de France, histoire de la cartographie marine et terrestre du littoral*. Douarnenez, éd. du Chasse-Marée, 2007.

Dellong 2002 : DELLONG (E.) — Les ports de Narbonne antique. In : DELLONG (E.) (dir.) — *Narbonne et le Narbonnais. Carte Archéologique de la Gaule. II-1*. Paris, Belles Lettres, 2002, pp.100-116.

Falguera et al. 2000 : FALGUERA (F.), FALGUERA (J.M.), GUY (M.) — Narbonne : cadre naturel et ports à l'époque romaine. *Méditerranée*, 1-2, 2000, pp. 15-24.

Falguera 2003 : FALGUERA (J.M.) — Le contexte portuaire antique de *Narbo Martius* de la fin du I^{er} siècle avant notre ère jusqu'au I^{er} siècle après J.-C. *Bulletin de la Société d'études Scientifiques de l'Aude*, 103, 2003, pp. 39-44.

Falguera et al. 2003 : FALGUERA (J.M.), BERNARD (H.), JEZEGOU (M.P.) — Données d'archéologie sous-marine récentes à Port la Nautique : pour une approche du système portuaire narbonnais. In : BALLESTER (J.-P.), BERLABGA (G. P.) (éds.) — *Puertos fluviales antiguos, ciudad, desarrollo y infraestructuras. IV^e Jornadas de Arqueologia subacuatica, Valence 28-30 mars 2001*. Valencia, Facultat de Geografia y Historia, 2003, pp. 203-212.

Gayraud 1981 : GAYRAUD (M.) — *Narbonne Antique des origines à la fin du III^e siècle*. Paris, CNRS, 1981, (suppl. *Revue Archéologique de Narbonnaise*, 8).

Gourret 1897 : GOURET (P.) — Les étangs saumâtres du midi de la France et leurs pêcheries. *Annales du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille*, mémoire n°1, Zoologie, 5, pp. 293-351.

Guy 1955 : GUY (M.) — Les ports antiques de Narbonne. *Revue des études Ligures*, XXI, 3-4, 1955, pp. 213-240.

Mathe et al. 2010 : MATHE (V.), DRUEZ (M.), JEZEGOU (M.-P.), SANCHEZ (C.) — Recherches géophysiques de structures portuaires : application aux

sites du Fâ (17), de Brion (33) et de Mandirac (11). In : HUGOT (L.), TRANOY (L.) (coord) — *Les structures portuaires de l'arc atlantique dans l'Antiquité, Bilan et perspectives de recherche, Journée d'études, 24 janvier 2008, Bordeaux*. Université de La Rochelle, 2010, pp.95-103, (sup. *Aquitania*, 18).

Rescanières 2003 : RESCANIERES (S.) — Notice Chenal de Mateille à Grazel. *Bilan Scientifique Régional du Languedoc Roussillon*, 2003, p. 39.

Rouzaud 1914 : ROUZAUD (H.) — Note sur les ports antiques de Narbonne. *Bulletin de la Commission Archéologique de Narbonne*, 13, 1914-1915, pp. 279-299.

Rouzaud 1916 : ROUZAUD (H.) — Note sur les ports antiques de Narbonne (suite). *Bulletin de la Commission Archéologique de Narbonne*, 14, 1916-2, pp. 167-197.

Sanchez et al. 2000 : SANCHEZ (C.), DELLONG (E.), GUERRE (J.), LOPPE (F.), MOULIS (D.) — L'établissement littoral antique de l'île Saint-Martin, Gruissan (Aude). *Revue Archéologique de Narbonnaise*, 33, 2000, pp. 22-58.

Solier et al. 1981 : SOLIER (Y.), BOUSCARAS (A.), CHEVALIER (Y.), DEPEYROT (G.), GUY (M.), LAVAGNE (G.-F.), MARICHAL (R.), MORRISON (C.), SABRIE (R.), SABRIE (M.) — Les épaves de Gruissan. *Archaeonautica*, 3, 1981, pp. 8-264.

Solier, Moulis 1990 : SOLIER (S.), MOULIS (D.) — *Narbonne et la Mer de l'Antiquité à nos jours*. Narbonne, Musée Archéologique de Narbonne, Catalogue d'exposition, 1990.

Verdeil 1967 : VERDEIL (P.) — Données nouvelles sur le Quaternaire de la basse vallée de l'Aude. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7^e série, 1967, pp. 413-425.

Verdeil 1970 : VERDEIL (P.) — Essai de paléohydrographie de l'Aude. *Bulletin de la Société Scientifique de l'Aude*, 61, 1970, pp. 61-105.

Wade, Sommer 2006 : WADE (T.), SOMMER (S.) — *A to Z GIS, an illustrated dictionary of geographic information systems*. Redlands, ESRI press, 2006.

Zeiler 1999 : ZEILER (M.) — *Modelling our world, the ESRI guide to geodatabase design*. Redlands, ESRI press, 1999.