

AQVITANIA

TOME 24

2008

Revue interrégionale d'archéologie

Aquitaine

Limousin

Midi-Pyrénées

Poitou-Charentes

Revue publiée par la Fédération Aquitania

avec le concours financier

du Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Sous-Direction de l'Archéologie,

de l'Université Michel de Montaigne - Bordeaux 3,

du Centre National de la Recherche Scientifique

SOMMAIRE

AUTEURS	5
N. GOURDON-PLATEL, B. MAURIN	
Utilisation du fer des marais, encroûtement superficiel holocène, autour des sites sub-lacustres de Sanguinet (Landes)	7-20
X. RAVIER	
Pour une “archéologie linguistique” de l’aquitain : un rêve impossible ?	21-32
P. COUNILLON	
Strabon, Bourdigala et l’Aquitaine	33-39
A. BARBET, S. BUJARD, P. DAGAND, J.-FR. LEFÈVRE, L. LEMOIGNE, I. MALEYRE	
Peintures de Périgueux. Édifice de la rue des Bouquets ou la <i>Domus</i> de Vésone, IV	41-76
L. TRANOY, E. MOIZAN, C. BATIGNE VALLET, V. MATHÉ, M. DRUEZ, A. BARDOT	
La “Grande Avenue” à Barzan (17) : les acquis des premières campagnes de fouilles (2006-2008)	77-104
ANNEXE 1 - V. MATHÉ, M. DRUEZ	
Les prospections électriques de la “Grande Avenue” - Barzan	105-108
ANNEXE 2 - C. BATIGNE VALLET	
Les céramiques antiques de la “Grande Avenue” - Barzan.....	109-122
J. ANDREU PINTADO, Á. A. JORDÁN LORENZO, E. NASARRE OTÍN, M. LASUÉN ALEGRE	
Cuatro <i>cupae</i> inéditas en territorio de Vascones.....	123-138
CHR. VENDRIES	
Apollon et Marsyas sur un fragment de sarcophage de Saint-Androny (Gironde). Postures, gestuelle et attributs musicaux.....	139-154
J. MARIAN	
La demeure aristocratique de Loupiac (Gironde). Une évolution architecturale complexe entre la première moitié du 1 ^{er} siècle p.C. et le haut Moyen Âge	155-171

J. ROGER, AVEC LA COLLAB. DE J.-PH. BÉGUIN, G. DEPIERRE, PH. LOY	
L'identification de la sépulture du seigneur Roger de Brosse († 1287) à l'abbaye de Prébenoît, Creuse. Une approche pluridisciplinaire.....	173-187
ANNEXE - CHR. MOULHERAT, I. REICHE	
Les vestiges textiles et osseux de la sépulture de Roger de Brosse	189-190
G. FRANÇOIS	
Fragments de cuivre et d'émaux retrouvés du tombeau de Roger de Brosse († 1287) à Prébenoît (Creuse).....	191-204
V. GENEVIÈVE	
Les monnaies médiévales de Brion - Saint-Germain-d'Esteuil	205-211
NOTES	
J.-P. BOST	
Sur deux marques de tuiliers d'époque gallo-romaine.....	215-217
J.-P. BOST	
<i>A Caesaraugusta Benearno</i> . Remarques sur la voie d'Aspe	219-222
RÉSUMÉS DE THÈSE	
F. COLLEONI, Le territoire de la cité d'Auch dans l'Antiquité.....	225-227
S. BLAIN, Les terres cuites architecturales des églises du haut Moyen Âge dans le Nord-Ouest de la France et le Sud-Est de l'Angleterre. Application de la datation par luminescence à l'archéologie du bâti.....	229-232
MASTER	
M. DOS SANTOS, Échanges et consommation à <i>Augustoritum</i> . Les amphores de Limoges.....	235-240
NÉCROLOGIE	
ROBERT ÉTIENNE, <i>par J.-M. Roddaz</i>	243-245
MICHEL MARTINAUD, <i>par G. Colmont</i>	246-250
RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS	257

Nicole Gourdon-Platel

Bernard Maurin

Utilisation du fer des marais, encroûtement superficiel holocène, autour des sites sub-lacustres de Sanguinet (Landes) *

RÉSUMÉ

L'étude d'une partie du matériel mis au jour sur les sites lacustres de Sanguinet a permis de découvrir un encroûtement ferrifère servant de minerai, le "fer des marais". Très dur, il est composé de granules ferrifères et de quelques débris de végétaux cimentés par près de 85 % d'oxydes de fer. Les dunes littorales s'édifiant progressivement à partir du Sub-boréal sont responsables de la formation des lacs côtiers landais créant des zones marécageuses avec des cuvettes d'eau stagnante dans lesquelles se sont formées les concrétions de *fer des marais*, en bordure orientale de ces lacs. Une analyse du ¹⁴C de débris végétaux emprisonnés dans cet encroûtement donne un âge calibré (Ly-12142) de -2574 à 2294 a.C. Par la suite, à la fin de l'âge du Fer (IV^e - I^{er} s. a.C.) les habitants au Sud du Bassin d'Arcachon ont collecté ce minerai pour produire du fer (présence de scories) puis leurs descendants, à la période romaine, l'ont utilisé comme matériau de construction en blocs (substructions du *fanum* de Losa).

MOTS-CLÉS

encroûtement, minerai de fer des marais, Holocène, Sanguinet, Landes, France

ABSTRACT

The study of a part of the material collected from the Sanguinet lake sites led to the discovery of a new *bog iron ore*. Very hard, this brown formation is made up of bog iron and contains some plant remains, cemented by about 85 % of Fe₂O₃ oxides. The accumulation of coastal sand dunes, gradually setting up themselves during the Sub-boreal period is responsible of the formation of coastal lakes and swampy zones trapping this *bog iron* in eastern edges of these lakes. The vestiges left on the archeological sites attest that these inhabitants moved eastwards on increasingly higher zones. A ¹⁴C age analysis (Ly-12142) of some plant remains contained in bog iron hard-pan gives a calibrated age ranging from -2574 to 2294 p.C. More than 2000 years ago, people living in the southern area of the Arcachon Basin collected this material to produce iron (slag occurrences); then during the Gallo-roman period, their descendants used it as blocks for the Losa *fanum* construction.

KEYWORDS

hard-pan, bog iron ore, Holocene, Sanguinet, Landes, France

* Cet article a déjà été publié : Gourdon-Platel & Maurin 2004.

INTRODUCTION

Entreprises sous l'impulsion du Centre de Recherches et d'Etudes Scientifiques de Sanguinet (CRESS), les fouilles sub-aquatiques du lac de Caux-Sanguinet (Landes) ont fourni de précieuses informations sur la vie quotidienne des hommes ayant vécu sur les sites de Put-Blanc, de l'Estey du large, de Losa et sur les derniers sites découverts récemment de La Forêt et de Matocq.

Toutes ces données sont mentionnées dans de nombreux articles et ouvrages dont Dubos et Maurin, 1985 et 1986 ou Maurin, 1998 et Maurin, 2007 (rapports d'activité SRA). Les matériaux ferrifères, "garluche" et "fer des marais", qui ont été utilisés sur ces sites archéologiques ont été identifiés.

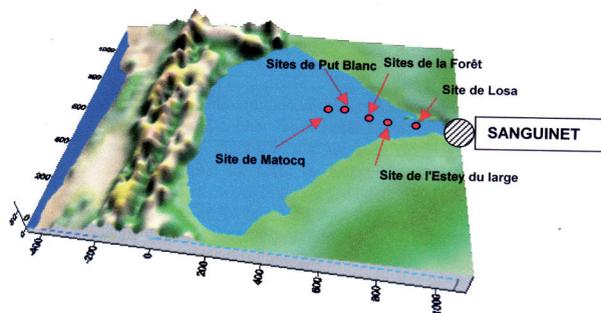


Fig. 1. Répartition des 5 sites lacustres le long de la paléo-Gourgue à l'ouest de Sanguinet (rapport d'activité du CRESS 2007).

Jusqu'à ces dernières années il semblait admis que c'était la "garluche", grès ferrugineux local, qui avait été employée comme matériau de construction du *fanum* (temple) du village gallo-romain immergé de Losa. Mais de récentes observations ont rapidement permis de constater que les pierres de l'édifice, assez proches dans leur apparence de la garluche à cause de leur couleur rouille, sont en fait très différentes de celle-ci et une identification pétrographique précise s'imposait. Les blocs de fer des marais du *fanum* comparés aux matériaux trouvés à l'Estey du large, sur le site du village fortifié voisin du II^e s. a.C, présentent des similitudes malgré leur altération différentielle dans l'eau.

Ces deux types de matériaux sont-ils identiques, minéralogiquement et chimiquement ? Leur genèse est-elle la même, et quelles sont les particularités géologiques de cet encroûtement ferrifère ? Les pierres ont-elles été apportées ou sont-elles d'origine locale et dans ce dernier cas quelle est la distribution géographique des affleurements ? Telles étaient les questions qui se posaient.

CONTEXTE ARCHÉOLOGIQUE

De nos jours, les fouilles archéologiques sub-aquatiques de Sanguinet entreprises par l'équipe du CRESS dès 1978 ont mis en évidence une chronologie d'occupation des sites : l'habitat de *Put-Blanc* dont l'occupation s'est faite à partir du I^{er} âge du Fer (-750 a.C.), le village fortifié de *l'Estey du large*, au II^e âge du Fer jusqu'à la période romaine (de 400-300 a.C jusqu'au début du I^{er} siècle p.C.), la station routière gallo-romain de *Losa* (du I^{er} au IV^e siècle p.C) et récemment découverts, l'espace archéologique de *La Forêt* des I^{er} et II^e âge du Fer entre *Put-Blanc* et *l'Estey du large* et le site de *Matocq* à l'ouest de *Put-Blanc* (fig. 1)

Les vestiges archéologiques trouvés lors des fouilles correspondent à plus d'une trentaine de pirogues monoxyles (Maurin *et al.* 1999 ; Dubos 2006), à des céramiques, à des scories métalliques, mais aussi à des pierres de soubassement du temple du village de *Losa*, édifié dans un environnement sableux. De ce *fanum*, seules subsistent les fondations, construites avec des pierres ferrifères confondues avec de la garluche avant l'identification en 2001. La voie romaine littorale qui reliait Bordeaux à Dax (fig. 2) franchissait la rivière de la Gourgue par un long pont pour accéder au village gallo-romain ; c'est près du pont de *Losa* qu'a été mis au jour un "dépôt monétaire" de 180 pièces du IV^e s. a.C.

Afin de reconstituer les activités des hommes durant ces périodes lointaines, l'une des expérimentations réalisée par J.-C. Leblanc en 2001 a été de mener à bien une réduction dans un bas-fourneau, à partir des pierres prélevées dans les substructions du *fanum*. Outre l'obtention d'un massiot de métal, base de la production d'outils, cela a permis de confirmer la richesse de ce minerai de fer, dans le cadre d'un film d'expérimentation archéologique (Mangotier 2006).

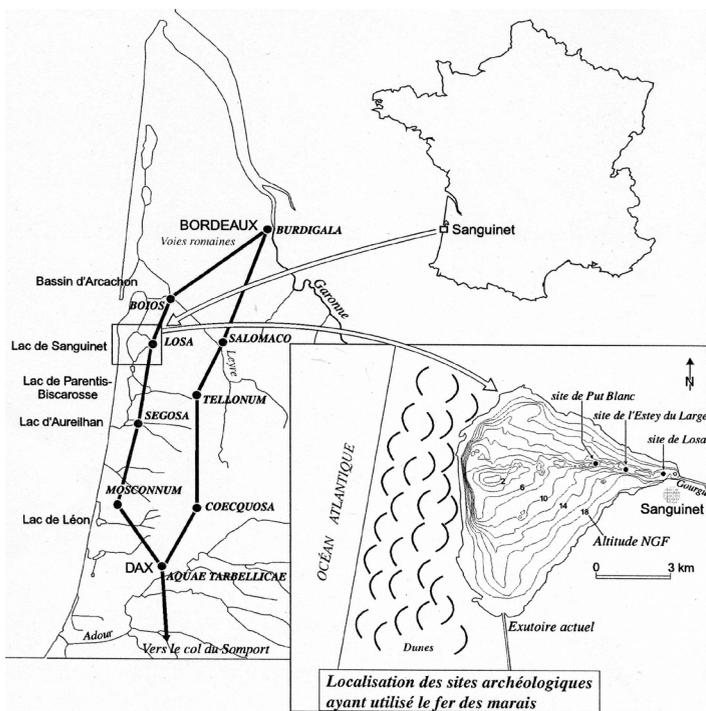


Fig. 2. Les voies romaines en liaison avec les sites archéologiques ayant utilisé le fer des marais.

post-romain	700 après J.C. 400 après J.C.	400 après J.C.	Disparition du <i>fanum</i> sous les eaux du lac
Antiquité	52 av. J.C	100 -300 av. J.C.	site de LOSA , <i>fanum</i> Pirogues et voie romaine
Age du Fer	second Age du Fer premier Age du Fer	200 -300 av. JC 750 av JC	site de L'ESTEY DU LARGE pirogues site de PUT BLANC pirogues site de LA FORET
Age du Bronze	Bronze final Bronze moyen Bronze ancien	1200 av. J.C. 1500 av. J.C.	site de MATOCQ pirogues pirogues

Fig. 3. Chronologie des 5 sites d'occupation du lac de Sanguinet.

CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX FERRIFÈRES

Les prélèvements de matériaux géologiquement inconnus sur les sites de Sanguinet nous ont amenés, après des comparaisons avec la garluche, grès ferrugineux bien défini, à caractériser un nouveau type de concrétionnement de fer dans le domaine landais.

Rappelons que de nombreux travaux (Gourdon 1973 ; Gourdon-Platel 1975a ; Gourdon-Platel & Legigan 1985 ; Gelpe *et al.* 1985) s'accordent à définir la garluche comme une cuirasse de grès ferrugineux formée entre -9000 et -7500 BP au sein du Sable des Landes. Ce grès se caractérise par de très nombreux grains de quartz et quartzites (de 280 à 320 µm) émoussés d'origine éolienne.

Contrairement aux alios, horizon B humo-ferrugineux d'un sol podzolique, les garluches sont cimentées par les oxy-hydroxydes de fer [FeO(OH) et Fe₂O₃] dont la concentration atteint de 20 à 25 % exprimés en oxydes ; ces grès sont de couleur brun-rouge avec un ciment inter-granulaire plus ou moins épais, essentiellement goethitique obstruant presque complètement les pores (fig. 4, cl. 6). On observe ces garluches uniquement sur certaines berges des petits ruisseaux du plateau landais se jetant dans la Leyre ou à proximité des lacs côtiers.

Les garluches ont souvent une épaisseur de 30 à 40 cm et peuvent former de larges encroûtements d'une dizaine de m². D'extension très limitée mais existant sous une grande partie des Landes de Gascogne, ce grès forme un cuirassement de nappe situé sous les profils podzoliques généralisés sur le plateau landais (Gourdon-Platel, 1975a ; Gourdon-Platel & Legigan, 1985 ; Gourdon-Platel 2001). La surface supérieure de ces garluches est caractérisée par de grosses cavités circulaires, parfois remplies de sable non induré, alors que la face inférieure est perforée de petites tubulures, intérieurement gainées par les oxydes de fer bien cristallisés. Ces gaines correspondent à des manchons d'anciennes racines autour desquelles ont précipité les oxydes de fer qui ont cimenté les grains de quartz lors du battement de la nappe d'eau.

Ces garluches ont été utilisées comme matériau local de construction attesté depuis le XI^e siècle mais aussi jusqu'au début du X^e siècle pour la production de fer dans de petites mais nombreuses installations

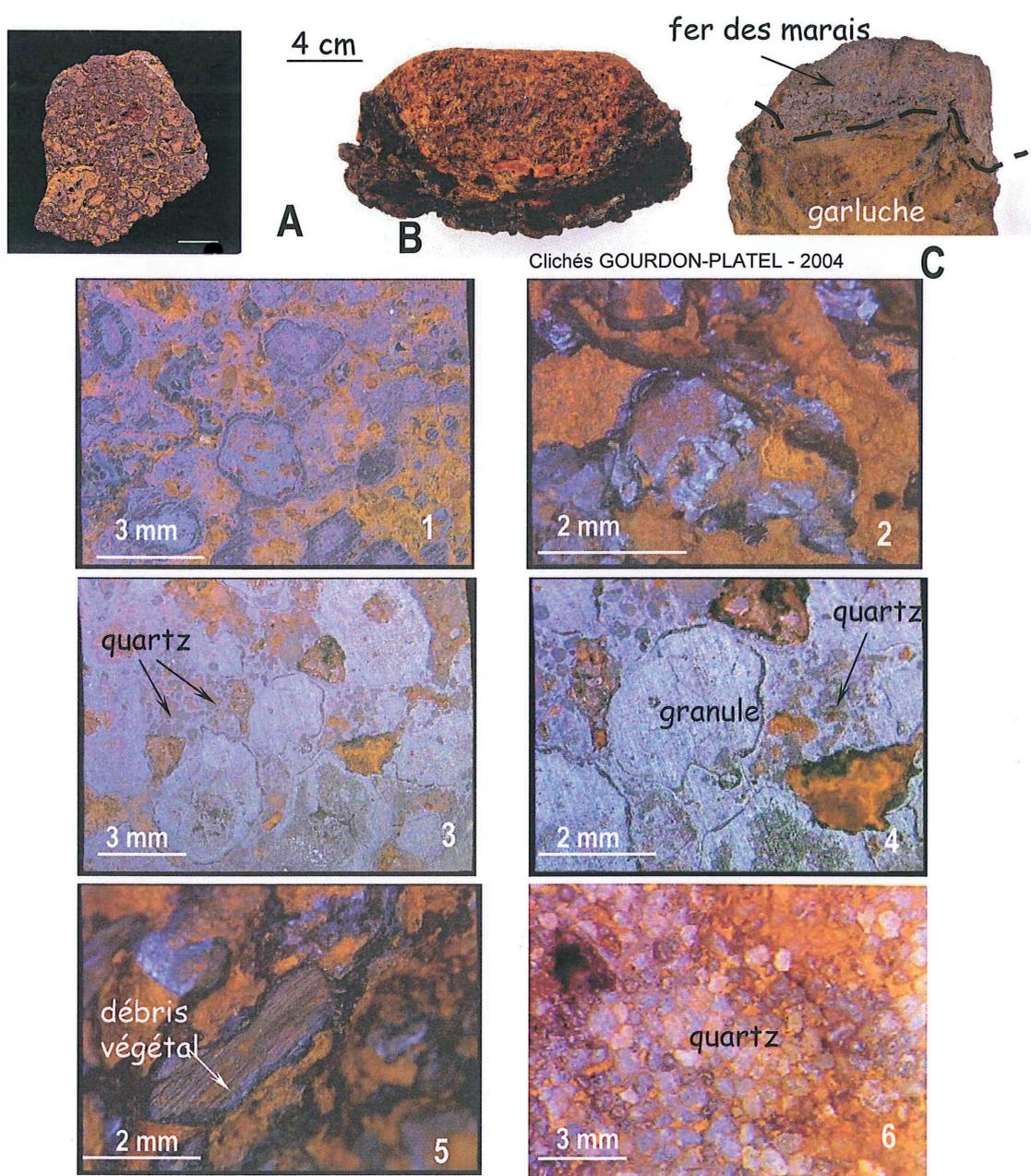
métallurgiques (Jouannet 1837 ; Gourdon-Platel 1975b et 2001 ; Lescarret 1988 et 2001 ; Glize 2001).

Description pétrographique des encroûtements

- À l'**Estey du large** deux types de matériaux ferrifères ont été trouvés lors des fouilles : quelques blocs de garluche et surtout des fragments d'encroûtements granulaires dont l'observation microscopique a confirmé l'aspect original. Ce sont des matériaux plus ou moins durs où les granules ferrifères de forme émoussée sont cimentés par des oxy-hydroxydes de fer brun-jaune. Ces granules sont entourés d'un cortex d'épaisseur infra-millimétrique brun-rouge, sur lequel de petits grains de quartz émoussés se sont incrustés (fig. 4, cl. A et B).

- Dans les fondations du *fanum* de **Losa**, les blocs de construction, équarris en moellons (les plus gros faisant 28 x 22 x 15 cm) sont assez durs, mais avec une forte porosité et ne présentent pas d'altération écaillée épaisse malgré parfois une oxydation superficielle qui tâche les doigts (fig.4, A). Ces encroûtements ferrugineux à cassure brillante, observés à la loupe binoculaire sur surface polie sont formés de granules à cœur de goethite poreuse de 3 à 8 mm de diamètre, entourés d'un cortex dur de couleur brune (fig.4, cl. 2, 3, 4), de débris de végétaux minéralisés et de quelques petits grains noirs ferromagnétiques, le tout relié par un léger ciment ferrugineux induré. Parmi les végétaux, on peut voir des limbes foliaires à cellules alignées, quelques rares pennules et pétioles de fougères et des éléments de tiges ligneuses (fig.4, cl. 5). Parfois le cœur goethitique de granules présente la particularité d'être constitué de végétaux épigénisés en fer. Certains de ces granules à cortex rappellent assez des structures oncolitiques reliées entre elles ou encore des concrétions pisolithiques de type D "à glomérules" de la base du Tertiaire nord-aquitain (Gourdon-Platel 1980).

Les espaces inter-granulaires sont vacuolaires, leurs parois sont tapissées de dépôts de goethite de couleur brun-orangé qui ont souvent piégé de petits grains de quartz. Parfois, ces encroûtements sont accolés sur les blocs de garluche à texture typique (fig.4, cl. C).



Clichés GOURDON-PLATEL - 2004

Fig. 4. Macro et microfaciès du fer des marais granulaire du Lac de Sanguinet.

Échantillons macroscopiques :

A – Vue macroscopique d'un bloc de fer des marais de Losa à texture granulaire ; B – Fer des marais de l'Estey du large à cœur friable ; C – Bloc épars montrant le contact entre le fer des marais granulaire et la garluche, grès ferrugineux local.

Sections polies :

1 – Fer des marais de Losa constitué de granules ferrifères ; 2 – Fer des marais de Losa à cassure fraîche avec aspect brillant ; 3 et 4 – Section montrant les granules ferrifères bruns de Losa et des vacuoles remplies d'oxy-hydroxydes de fer. Présence de quelques grains de quartz entre les granules ferrifères ; 5 – Détail de débris de végétal épigénisé par les oxydes de fer ; 6 – Section de garluche de l'Estey du large montrant la grande abondance des grains de quartz cimentés par les oxydes de fer.

L'altération serait liée à leur séjour prolongé dans l'eau (2 à 3000 ans d'après les interprétations archéologiques). Malgré leur dureté, l'état granulaire des matériaux les rend cependant facilement effritables lors du sciage.

L'existence de ces débris organiques épars dans ce matériau ferrugineux original prouvant sa formation en surface, contrairement à celle de la garluche, nous a amené, en l'absence de toute référence régionale, à dénommer ces encroûtements granulaires "fer des marais". Les faciès observés pourraient peut-être s'assimiler à des microbialites comme il en a été décrits dans d'autres gisements ferrifères plus anciens (Baele 2003 ; Gall 2003 ; Lagny 2003).

Caractérisation physico-chimique des encroûtements granulaires

Minéralogie

L'identification cristalline obtenue par la diffraction de rayons X (DRX) a nécessité un broyage en poudre. Sur les spectres d'analyse des échantillons de Losa comme sur ceux de l'Estey du large, le bruit de fond est important, la cristallinité mauvaise et seule la goéthite α FeO(OH) s'identifie bien. Il n'y a pas d'hématite α Fe₂O₃ détectée, à cause soit du manque de cristallinité, soit de la présence de matière amorphe d'origine organique combinée aux oxydes. Les minéraux magnétiques (maghémite γ Fe₂O₃, magnétite Fe₃O₄) mis en évidence par aimantation de la poudre sont également en trop faible quantité pour être détectée par les rayons X.

Expérimentalement, on constate que lorsque les matériaux ferrugineux de Losa sont broyés et chauffés à 320°C, la DRX ne révèle pas les pics de goéthite mais permet l'identification très nette des pics d'hématite ; au cours du chauffage il y a donc eu déshydratation et transformation de α FeO(OH) en α Fe₂O₃ donnant à la poudre une couleur rouge-violet.

Composition chimique

La détermination de la composition élémentaire des concrétions granulaires répond à des critères d'ordre quantitatif liés aux analyses en fluorescence X couplée en microscopie électronique à balayage

(MEB du CRPAA). L'observation texturale est complétée par l'analyse de l'échantillon en contraste électronique à fort grossissement.

- Sur les encroûtements granulaires indurés de Losa préparés en surface polie, l'analyse micro-élémentaire est effectuée à plusieurs échelles sur diverses zones bien caractéristiques de quelques micromètres carrés (fig. 5) :

- l'analyse portant sur une large surface (9.4 x 7.7 mm) étudiée à très faible grossissement (x 12) présente une concentration d'environ 81 % de Fe₂O₃ en moyenne, de 15 % de SiO₂ sous forme de quartz essentiellement et de 2 % d'Al₂O₃. Il y a un très faible taux de titane (TiO₂ < 0.4 %) et il faut noter l'absence de manganèse (MnO₂ < 0.1 %, correspondant au seuil de détection).

- à grossissement moyen (x 100), quelques granules de 3 mm (G1, G2, G3) ont été analysés au MEB afin d'évaluer leurs concentrations maximales exprimées en oxydes : les valeurs en oxydes de fer sont plus fortes (entre 85 et 89 % de Fe₂O₃) et inversement celles de SiO₂ diminuent avec 7 à 10% sous forme de quartz et 1.5 à 3.1 % d'Al₂O₃. Les granules ferrifères présentent une certaine homogénéité chimique. Il n'y a pas d'alcalin ; le titane et le manganèse sont en dessous du seuil de détection ; il faut également noter le taux important de phosphore concentré dans les granules ferrifères avec 1 à 1.6% dosés en P₂O₅. La présence de cet élément n'a pas encore été expliquée mais son origine serait peut-être liée aux débris de végétaux inclus dans le fer des marais. Parfois les ciments inter-granulaires (zones A et B observées x 200) révèlent également de fortes concentrations en Fe₂O₃ (84 - 86 % au maximum) mais les taux de phosphore sont plus faibles (0.4 - 0.5 % de P₂O₅) que dans les granules.

- À l'Estey du large, les surfaces polies montrent des concrétions à granules ferrifères hétérogènes. Deux larges surfaces (S1 et S2 avec granules et ciment inter-granulaire) ont été analysées à très faible grossissement (x12) pour donner la meilleure représentativité possible de l'échantillon (fig. 5) ; les variations chimiques rendent compte de l'hétérogénéité de ces surfaces avec 42 à 52 % de Fe₂O₃, de 38 à 51 % de SiO₂ dûs aux nombreux grains de quartz, de 3 à 5 % d'Al₂O₃ et des teneurs élevées de P₂O₅, valeurs comprises entre 1.3 et 2.4 % ; les concentrations en oxydes de titane et de manganèse sont infé-

Fer des marais*Analyses par Fluorescence X couplée au MEB, sur surface polie (CRPAA 2001)*

% massique	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	P ₂ O ₅
LOSA										
surface (x12)	15,08	2,07	80,73	0,38	0,01	0,34	0,22	0,12	0,57	0,49
granules (x100)										
G 1	9,61	3,07	85,73	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	1,60
G 2	9,23	1,54	88,22	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	1,01
G 3	7,26	2,5	89,18	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	1,07
ciment inter-granulaire (x200)										
A	11,32	1,74	86,19	0,10	0,10	0,10	0,20	<0.10	<0.10	0,55
B	12,27	1,99	84,11	0,43	<0.10	0,35	<0.10	<0.10	0,44	0,43
ESTEY du LARGE										
surface (x12)										
S1	38,16	4,98	52,03	0,5	0,33	0,25	0,05	1,02	0,63	2,35
S2	50,54	3,03	42,78	0,59	0,23	0,40	0,22	0,27	0,66	1,27
granules										
G1 (x250)	28,78	10,55	60,45	1,32	0,02	0,39	0,55	0,42	0,56	1,94
G2 (x100)	38,24	3,11	56,03	0,05	0,26	0,34	0,09	0,02	0,63	1,22
G3 (x150)	13,92	5,30	77,34	0,16	0,10	0,34	0,06	0,32	0,38	2,07
G4 (x100)	11,35	5,91	79,06	0,84	0,01	0,03	0,14	0,13	0,38	2,19
G5 (x100)	59,00	2,85	35,01	0,43	0,03	0,20	0,66	0,56	0,33	0,94
G6 (x200)	13,36	5,78	77,28	0,11	0,16	0,05	0,60	0,14	0,38	2,14
G7 (x200)	21,18	3,56	72,79	0,32	0,20	0,01	0,08	0,15	0,23	1,53
ciment inter-granulaire										
I2 (x100)	81,78	0,87	15,0	0,31	0,05	0,17	0,19	0,19	0,27	1,15
I3 (x150)	20,28	5,27	70,42	0,16	0,08	0,17	0,10	0,42	0,78	2,43

Garluche et fer des marais*Analyses par Fluorescence X sur poudre (BRGM 2001)*

% massique	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	Perte au feu 1000° C
garluche SANGUINET	71,1	1,80	22,1	0,12	0,01	0,01	0,01	0,03	0,07	0,01	4,17
garluche LILAIRE	70,9	0,8	22,18	0,05	0,02	0,20	0,23	0,20	0,10	0,07	5,00
fer des marais SAUGNACQ et MURET , friable	24,00	1,20	59,50	0,05	0,06	0,20	0,19	0,30	0,10	1,47	13,7
fer des marais,dur ESTEY du LARGE	10,10	1,20	71,17	0,05	0,12	0,20	0,07	0,20	0,10	1,51	15,8

Fig. 5. Analyses chimiques comparatives du fer des marais et de la garluche.

rieures au seuil de détection, ainsi que celles des alcalins (<1 %). Certaines concrétions renferment des granules de 1 à 3 mm (G1 à G7) riches en oxyhydroxydes de fer avec des teneurs de 56 à 79 % exprimés en Fe_2O_3 ; d'autres concrétions révèlent exceptionnellement des taux de 35 % de Fe_2O_3 lorsqu'il y a présence de grains de quartz émoussés disposés entre les granules ferrifères ; les teneurs en SiO_2 sont de 14 à 59 % (dues à l'abondance de petits quartz piégés à la périphérie des granules) et de 2.8 à 10.5 % en Al_2O_3 ; les taux exprimés en P_2O_5 varient de 0.9 à 2.2 %, les plus riches teneurs pouvant être corrélées aux plus fortes concentrations en fer. Dans les concrétions granulaires à cœur friable, la cimentation inter-granulaire analysée dans 7 zones, présente des concentrations très variables, confirmant la grande variété de faciès des encroûtements de l'Estey du large (seuls les deux extrêmes I2 et I3 ont été reportés dans le tableau, fig.5). Les taux obtenus oscillent entre 15 et 70 % de Fe_2O_3 et entre 20 et 82 % de SiO_2 , sous forme de quartz. La concentration en Al_2O_3 est souvent relativement élevée (jusqu'à 6.2 %) et les teneurs en oxyde de manganèse sont inférieures au seuil de détection. Celles en P_2O_5 varient de 1.1 à 2.4 %.

- Pour comparaison, des analyses par **Fluorescence X sur poudre** ont été effectuées en 2001 au BRGM à Orléans à partir d'échantillons broyés de 40 g environ (analyses sur 1 g). Elles concernent une concrétion granulaire de fer des marais provenant du site de l'Estey du large. Il faut noter que par cette méthode, il est possible d'évaluer la perte au feu à 1000°C (perte d'eau et de produits volatils) ; alors que les valeurs de perte au feu sont de 4 à 5 % pour les garluches (ce qui confirme des travaux antérieurs, Gourdon-Platel 2001) celles portant sur les divers faciès d'encroûtements de *fer de marais* atteignent 13 à 16 %.

Les concentrations atteignent 71 % de Fe_2O_3 (contre un maximum de 79 % de Fe_2O_3 , obtenus avec le MEB du CRPAA), 10 % de SiO_2 et 1.2% d' Al_2O_3 ; les valeurs en oxydes de manganèse sont voisines de 0.1 % et les taux de P_2O_5 sont toujours élevés avec 1.5 % (Fig. 5).

Une autre concrétion à cœur dur de fer des marais (non trouvé en place mais provenant du secteur de Saignacq-et-Muret, quelques kilomètres à l'Est

de Sanguinet) a révélé des teneurs en oxydes de fer voisines de 60 %. Elle renferme de très nombreux débris végétaux, noirs, calcinés et épigénisés en fer, de taille centimétrique. La particularité de ce bloc de fer des marais pourrait s'expliquer comme un encroûtement superficiel, emprisonnant les débris végétaux calcinés, à la suite d'un incendie local, et accumulés dans une micro-cuvette.

Ces résultats représentent des taux relatifs minores car ils tiennent compte des taux de perte au feu (fig. 5).

- Par comparaison, signalons que des analyses réalisées il y a quelques d'années (Gourdon 1973 ; Gourdon-Platel 1975a, 1975b ; Gourdon-Platel & Legigan 1985) sur des garluches broyées en poudre révèlent des moyennes de :

$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 19.5 \%$ (avec des extrêmes de 15.7 à 25.5 %)

$\text{SiO}_2 = 73.2 \%$

$\text{Al}_2\text{O}_3 = 2.2 \%$

valeurs sensiblement retrouvées par Castet en 1995 sur ce même type de grès ferrugineux à faciès homogénéité.

Suite à ces microanalyses, on peut donc conclure que les encroûtements granulaires à cœur friable de l'Estey du large et ceux à cœur dur de Losa correspondent à un même matériau présentant une grande variation de cimentation, ayant évolué différemment sous eau. Seules n'auraient été employées pour les fondations du *fanum* de Losa que les parties les plus dures des encroûtements. À l'Estey du large, ne resteraient surtout que des fragments friables. Les blocs à cœur dur y sont en très faible proportion car la grande majorité a dû être utilisée comme minerai de fer à la période pré-romaine.

MISE EN PLACE DU FER DES MARAIS

Contexte géomorphologique

Dans la caractérisation des encroûtements de fer des marais, la mise en évidence d'un piégeage de quelques grains de quartz émoussés à ronds associés à quelques débris de végétaux est d'un grand intérêt pour identifier la provenance de ces matériaux et expliquer leur formation en milieu lacustre.

La couverture sableuse de l'actuel Plateau landais est le stade ultime d'une série de sédimentation de dépôts silico-clastiques alternant avec des phases de reprises, déjà bien établie par de nombreux auteurs (Legigan, 1979 ; Dubreuilh *et al.* 1995 ; Klingebiel & Platel 2001 ; Platel & Klingebiel 2001). Régionalement, la Formation du Sable des Landes *s.s.*, faite de sables hydro-éoliens blanc-jaunâtres essentiellement quartzeux attribués au Pléistocène supérieur (notés NF2 sur la carte géologique à 1/50 000^e et en particulier celle de La Teste où se situe Sanguinet, Karnay *et al.*, 1992) recouvre la Formation de Castets, à sables fins quartzeux et feldspathiques blanchâtres, fluviatiles du Pléistocène inférieur (NF1) ; ceux-ci surmontent des argiles silteuses, micacées, gris-bleu du sommet de la Formation d'Onesse (Pléistocène inférieur) (Platel, 1991). Or dans les encroûtements de fer des marais, il n'y a pas de micas, peu de feldspath, mais quelques quartz émoussés à ronds et de rares minéraux noirs opaques ; cela permet d'affirmer que ce sont bien des grains de sable quartzeux issus de la Formation du Sable des Landes *s.s.* qui ont été piégés dans ce concrétionnement, surtout en tapissant les pores.

On sait qu'à partir du début du Pré-boréal (10 300 ans BP), le climat régional s'est radouci et le modelé topographique actuel a pris forme par suite de la remontée progressive du niveau de l'océan Atlantique. Il semblerait que ce soit entre 9000 BP et 7500 BP durant le Boréal que la garluche ait pu se former, lors d'une phase de réchauffement climatique, la nappe d'eau baignant la partie sommitale du Sable des Landes (Gourdon-Platel 2001 ; Gourdon-Platel & Maurin 2004).

Précisons que des études géomorphologiques (Froidefond 1982 ; Lalanne 1999 ; Platel & Klingebiel 2001) montrent que la dynamique progradante des champs de dunes dès la période Sub-boréale a provoqué la montée de la nappe phréatique avec le blocage des eaux dans les dépressions des futurs lacs côtiers ; cette progradation serait responsable de la migration vers l'est et de plus en plus haut des habitants de Put-Blanc (occupation du site entre 2800 et 2400 ans BP), de ceux de l'Estey du large (entre 2500 et 2100 ans BP) et enfin de l'abandon de Losa au début de notre ère (IV^e siècle) (Maurin 1998). En effet, c'est aux alentours de 4000 ans BP (LIFE, 1997 ; Tastet & Pontee 1998 ; Platel & Klingebiel 2001 ; Clavé 2001 ; Tastet & Clavé-Papion 2008) que s'est faite la mise en place de dunes paraboliques envahissant la plaine landaise, alternant avec la formation de paléosols où des troncs de pins ont pu être datés (Froidefond 1982 ; Clavé 2001). Sur tout le littoral aquitain la morphologie dunaire a entraîné la formation de zones marécageuses au pied des édifices éoliens puis de lacs de forme triangulaire comme le lac de Cazaux-Sanguinet par exemple (fig. 6). Ces marais drainaient des eaux où le fer dissous était complexé par les ferro-bactéries.

Origine du fer dans les eaux

Revenir sur l'origine du fer dans les eaux de la nappe phréatique durant la période couvrant le Boréal au début du Sub-atlantique est important pour comprendre les mécanismes. On sait que la Formation du Sable des Landes *s.s.* renferme des minéraux lourds dont l'altération a pu se produire sous l'ac-

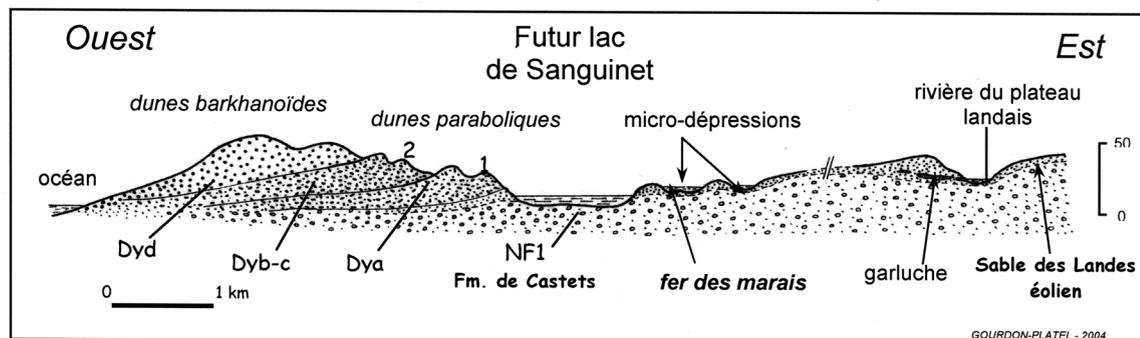


Fig. 6. Schéma hypothétique sur la situation du fer des marais dans la séquence-paysage du proto-lac de Sanguinet.

tion des eaux acides des nappes d'eau riches en acides organiques ; mais il faut minimiser la quantité de fer ferreux mis en solution, car sauf sur le littoral landais où seules quelques strates très isolées, riches en minéraux opaques titanifères et grenats sont connues, le pourcentage pondéral des minéraux lourds est bien faible pour toutes les fractions granulométriques ; il représente en moyenne 0.6 % de la fraction sableuse, avec parmi les minéraux lourds ferrifères, la staurotide, le grenat almandin, la tourmaline, l'augite, des hornblendes et des opaques (Gourdon-Platel 2001).

En réalité, il faut surtout prendre en compte le fait que le complexe sableux quaternaire et les épandages deltaïques pliocènes sont parfois peu épais (Dubreuilh *et al.* 1995 ; Klingebiel & Platel 2001) et que les Sables Fauves du Miocène riches en glauconie $(K,Na)(Fe,Al,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$ altérée et en micas sont sûrement les plus importantes sources d'approvisionnement en fer (Gourdon-Platel 2001). Par altération les sables verts à glauconie ont évolué en sables roux car les ions Fe^{2+} libérés de la glauconie ont favorisé l'imprégnation des sables et leur ont donné une couleur brun-rouille avec une teneur en oxydes de fer de 6 à 10 %. Ces apports potentiels en fer dissous dans des eaux acides, facilement complexables avec les matières organiques, seraient à l'origine de l'enrichissement en fer de la nappe phréatique grâce aux ferro-bactéries qui peuvent oxyder les ions Fe^{2+} disponibles en solution et les précipiter sous forme d'hydroxyde de fer au fond des cuvettes marécageuses. C'est par assèchement de ces cuvettes dans lesquelles flottaient quelques débris de végétaux, que se seraient formés les encroûtements de fer des marais. De nos jours, après le drainage du massif landais, les fluctuations annuelles de la nappe phréatique varient de 1 à 1.50 m et le débit dans les *crastes* et les fossés naturels n'est élevé qu'au moment des crues. En été, les eaux deviennent stagnantes, les ions Fe^{2+} et la matière organique en décomposition se concentrent par évapo-transpiration.

Datation de l'encroûtement

Chronologie relative

Parmi les matériaux remontés des substructions du *fanum* de Losa, quelques blocs présentent 2 faciès

en quasi continuité : l'un avec une texture typique de garluche et l'autre avec un faciès granulaire de fer des marais (fig. 4, ph. C).

L'une des faces des blocs présente des tubulures ferrugineuses effilées caractéristiques de la face inférieure d'une garluche et le contact entre faciès se fait par une ligne d'induration discontinue avec de grosses cavités où il y a pénétration d'un encroûtement granulaire de fer des marais. On peut déduire de ces observations que le cuirassement s'est fait sur la surface supérieure de la garluche. Ces éléments de polarité permettent donc d'établir une chronologie relative : les encroûtements de fer des marais se sont formés postérieurement à l'induration de la cuirasse de nappe qu'est la garluche et après leur mise à nu par décapage de la partie supérieure du sol sableux mais avant 2500 BP, époque de leur première utilisation par les habitants de l'Estey du large.

Chronologie absolue

Par ailleurs, nous avons utilisé les débris de végétaux piégés dans les blocs de fer des marais pour en connaître son âge absolu par analyse du radiocarbone. Cette datation au ^{14}C qui a été effectuée à Lyon (Ly 12142) au Centre de Datation par RadioCarbone a donné un âge calibré de -2 574 à -2 294 a.C (soit -3945 \pm 50 BP) donc bien contemporain de l'édification des dunes paraboliques. Cet encroûtement s'est donc concrétionné près de 1500 ans avant leur première utilisation

Genèse du fer des marais

Alors que quelques ouvrages généraux nous renseignent sur les conditions de mobilisation du fer, sur les mécanismes de formation des matériaux ferrifères (Meyer 1987 ; Tardy & Roquin 1998 ; Cornell & Schwertmann 2003) et sur les processus d'accumulation en fonction du contexte géomorphologique (Wyns 2002), d'autres auteurs comme Boulvain (2003) évoquent plus précisément le fer des marais, dépôt s'observant entre autres dans les lacs et marais des latitudes moyennes du Canada.

Mais déjà dans ses travaux (1947), Strakov argumentait sur les conditions de formation et les facteurs de localisation des minerais de fer de lacs et de marais en Europe du Nord en liaison avec un contexte géomorphologique, où alternaient des dépres-

sions et des reliefs mous. Dans les marais tourbeux de Finlande, le fer des marais est connu mais c'est surtout au Québec, près de Sherbrooke, au sud du lac Magog, dans le marais d'eau douce de Katevale, que le fer des marais est le plus mentionné par son abondance (Groupe l'Île du Marais de Katevale, 2003). Il correspond à des dépôts de *fer impur* se formant dans les tourbières et les marais par oxydation chimique ou biochimique du fer en solution. C'est la définition qu'en donne Schut dans le glossaire inclus dans le site *SISCan* (*Système d'information sur les sols du Canada*). Dès le XIII^e siècle, des Vikings installés à l'Anse aux Meadows à Terre-Neuve, faisaient réduire le minerai local pour obtenir du fer qui était ensuite travaillé pour la fabrication de clous ou de rivets pour les bateaux. D'après Bernard (1992) l'exploitation du fer des marais de la région des Trois-Rivières et de Drummondville au Québec (Millot 1984) est en fait la seule exploitation qui va déboucher sur l'implantation d'une véritable industrie sidérurgique. Surtout représentée par les forges de la Mauricie, cette période se termine au début du XX^e siècle. Lachance (1995) signale aussi de "l'ocre" dans les Basses Terres du Saint-Laurent au Québec : la région renferme de "l'ocre" connue également sous le nom de fer des marais, provenant de l'accumulation d'hydroxydes de fer dans les marécages et dans les tourbières. Une faible quantité a été extraite de la mine Sainte-Clothilde de Horton et ce fer des marais exploité de façon artisanale a été utilisé comme minerai de fer.

En Aquitaine, dans tout le secteur littoral de la plaine landaise, depuis près de 10 000 ans, des eaux humo-ferrugineuses se sont infiltrées dans les sols sableux dont la porosité est de l'ordre de 30 % et ont provoqué la concentration des oxy-hydroxydes de fer à proximité des débouchés de petits esters (ruisseaux landais) dans les dépressions. Celles-ci ne recevaient pas d'apports d'éléments détritiques limono-argileux et les bactéries ont dû jouer un rôle important dans le pourrissement des végétaux. Ces ferruginisations répondent à un mécanisme d'accumulation à *bilan positif* (pour reprendre le terme de Wyns 2002) avec gain de matière dans une cuvette de petite dimension (de l'ordre de 100 m) ; dans ces micro-dépressions, le fer en solution se concentre, atteignant un degré de sursaturation lié à l'évaporation.

Dans les Landes, la géochimie des eaux de surface révèle des concentrations en ions Fe^{2+} de l'ordre

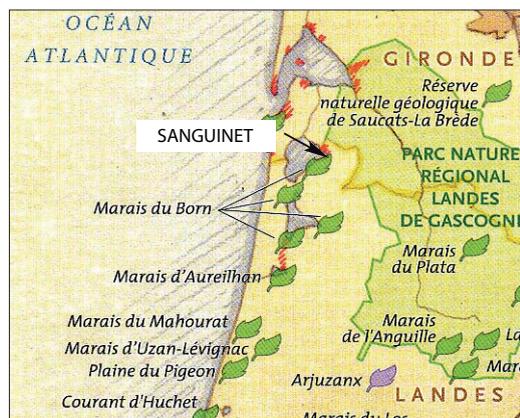


Fig. 7. Répartition des marais le long du littoral landais (extrait de *Aquitaine Nature*, 2008).

de 1.3 mg/l et exceptionnellement dans de petites cuvettes mal drainées, des valeurs de 13.5 mg/l durant la période estivale (Gourdon 1973). La charge des eaux en matières organiques peut parfois atteindre dans des microcuvettes des teneurs de 19.2 mg/l avec un pH acide de 5.5. Les nettes fluctuations de concentration entre la crue et l'étiage de la nappe et le métabolisme de ferro-bactéries (*Gallionella ferruginea*, *Leptothrix ochracea*) enrobant les débris végétaux présents dans le marécage sont responsables de la précipitation des ions Fe^{2+} sous forme d'hydroxyde de fer $FeO(OH)$. Dans les fossés du massif landais, les micro-organismes prolifèrent dans les eaux de la nappe et les végétaux immergés prennent une teinte rouille.

De nos jours les zones marécageuses sont toujours repérables sur le plateau landais. Les cartes dressées par *Aquitaine Nature* (2008) rendent compte de la répartition de ces marais le long du littoral landais (fig. 7), là où le fer des marais pourrait affleurer encore et là où la prospection est toujours active.

Autour de ces dépressions confinées, les associations végétales ont un caractère acidophile avec présence de roseaux, joncs, graminées, fougères colonisant un sous-bois de bruyères, de genêts, d'ajoncs, de pins sylvestres et de chênes (fig. 6). En l'absence d'apport argileux, le fer des marais a dû se former en donnant une cuirasse ferrugineuse avec des granules à cortex concentrant entre 35 à 90 % de Fe_2O_3 , le

ciment inter-granulaire atteignant parfois 85 % d'oxydes de fer. En résumé, vu sa forte teneur en fer et son encroûtement granulaire ce matériau peut prendre le nom de *minerai de fer des marais*.

UTILISATIONS DU FER DES MARAIS AU COURS DU TEMPS

Les utilisations de ce matériau ferrifère ont été diverses au cours du temps :

- les vestiges laissés sur les sites archéologiques, matériaux de substruction du *fanum* de Losa, nombreuses scories métallique prouvent l'existence d'une industrie de production de fer à l'Estey du large entre autre à la période pré-romaine. Ces archéomatériaux montrent que les habitants vivant le long de la Gourgue se sont déplacés vers l'est, sur des zones de plus en plus hautes par suite de l'évolution du massif de dunes entraînant la montée des eaux du lac.

- le fer des marais et la garluche, autre grès ferrugineux spécifique aux pays landais, étaient collectés dans la forêt pour alimenter la métallurgie landaise entre 1803 et 1905. Les blocs de fer des marais, renfermant plus de 65 % de Fe_2O_3 , était recherché car ils étaient payés beaucoup plus chers que ceux de la garluche.

Les petits hauts fourneaux d'Uza, d'Abbesse, de Pontenx-les-Forges, de Beliet, de Lugos, de Castelnau, d'Ychoux, de Pissos, de Brocas-les-Forges étaient en pleine production jusqu'à l'arrêt des constructions ferroviaires régionales et finalement jusqu'en 1922.

- quelques blocs de fer des marais ont été employés comme matériaux de construction en association et sans distinction avec la garluche locale largement répandue dans les landes du nord au sud, depuis le lac d'Hourtin jusque vers le lac de Léon. On les retrouve en particulier inclus dans les murs des églises (Pontenx, Mimizan entre autres) et des cimetières et dans ceux des moulins du XIX^e siècle.

De nos jours, ces blocs de fer des marais associés à la garluche peuvent être réemployés en parement de nouveaux bâtiments (Aureilhan) et comme éléments d'aménagement au sein des infrastructures municipales.

CONCLUSION : À LA REDÉCOUVERTE D'UN MINERAI DE FER OUBLIÉ

L'identification des matériaux ferrugineux, associés aux mobiliers et céramiques mis au jour par les plongeurs du CRESS sur les sites lacustres, entre autres de Losa, de l'Estey-du-large, ennoyés sous le lac de Sanguinet au niveau de la rive gauche de la Gourgue, a permis de mettre en évidence un encroûtement de fer, apparemment non décrit à ce jour. Composé de granules ferrifères, ce matériau peut fréquemment atteindre 60 % de Fe_2O_3 et même exceptionnellement 90 %. Il ne renferme pas ou très peu de grains de quartz tapissant parfois les parois des pores. Ce n'est pas un grès ferrugineux et il n'a aucune affinité génétique, malgré sa couleur brun-rouille, ni avec les garluches renfermant au maximum 25 % de Fe_2O_3 , ni avec les alios (horizon humo-ferrugineux avec 1 % de Fe_2O_3), tous deux formés au sein du Sable des Landes. Au contraire, ces encroûtements granulaires se seraient formés sous une fine tranche d'eau dans des cuvettes marécageuses piégeant des débris végétaux et c'est pour cette raison qu'ils sont dénommés fer des marais. Certains faciès pourraient présenter des structures à microbialites qui sont encore difficiles à identifier (Lagny 2003).

La distribution géographique de ces encroûtements au sein de micro-dépressions ne peut se concevoir qu'en faisant intervenir le modelé topographique local : sur le littoral aquitain, à partir de 6 000 BP, la zone marécageuse s'étend N-S par suite du blocage par les dunes paraboliques des petits ruisseaux coulant vers l'Océan ; le fer des eaux stagnantes des micro-dépressions se concentre de plus en plus par complexation avec les acides humiques grâce aux ferro-bactéries et atteint le seuil de saturation. Dans les cuvettes asséchées, l'induration du fer des marais semble totale vers 3500 - 3000 BP puisque les habitants des sites de Sanguinet ont utilisé abondamment ce matériau à partir du second âge du Fer.

Cet exemple aquitain montre qu'une induration ferrugineuse peut se former très vite sous climat tempéré, probablement en quelques centaines d'années, pour peu que les apports en fer dissous dans les eaux soient suffisamment importants.

Sur ces encroûtements locaux, il n'existe pas de référence citée par les archéologues ni les historiens, si ce n'est qu'au début du XIX^e siècle on peut lire dans un texte de Jouannet (1837) qu'un "minerai en grains" (donc différent de la garluche) était mis à part et payé plus cher (car plus riche en fer) lors de la collecte des minerais employés dans les forges réparties sur tout le plateau des Landes et de Gironde ; cela explique peut-être le fait que de nos jours on ne découvre plus aucune concrétion en place, d'autant plus que les affleurements potentiels sont maintenant ennoyés suite à la remontée des eaux des lacs landais. On peut alors penser que c'est probablement sous les eaux des lacs ou dans les zones marécageuses en bordure orientale des lacs de Cazaux-Sanguinet, Biscarrosse ou d'Aureilhan (fig.7) que pourraient être redécouverts les gisements de encroûtements granulaires de fer des marais.

REMERCIEMENTS

Cette étude n'a pu être menée qu'avec le concours des plongeurs du CRESS (Sanguinet) qui ont fait les prospections et les prélèvements sub-lacustres. La datation par radiocarbone a été réalisée par C. Oberlin (CNRS Lyon) et l'identification des débris végétaux par P. Poirier (Univ. Montpellier). Qu'ils soient tous vivement remerciés.

Bibliographie

- Aquitaine Nature* (2008) : Extrait de "Terre sauvage"
- Baele, J.-M. (2003) : "Dépôts de microbialite quartzo-ferrugineuse en relation avec une évolution supergène dans le Crétacé supérieur du Bassin de Mons (Belgique)", 9^{ème} Congrès Français de Sédimentologie – Livre des résumés, 2003, Pub.ASF, 38, Paris, 20-21.
- Bernard, P. (1992) : "Extraction minière métalliques 8510 : minéraux exploités par le Québec Iron & Titanium- Québec" ; (site : www.mcc.gouv.qc.ca).
- Boulvain, F. (2003) : "Éléments de sédimentologie et de pétrologie sédimentaire" ; version 2003 (site : www.ulg.ac.be/geosed.htm).
- Castet, R. (1995) : "Biganos : un site à vocation industrielle", in : *Le delta de la Leyre, Actes du colloque : Le Teich (21-23 Octobre 1993)*, Éd. Parc Nat. Reg. Landes de Gascogne, Travaux et colloques scientifiques 1, 111-116.
- Clavé, B. (2001) : *Évolution des paléo-environnements côtiers à l'Holocène : exemple de l'Aquitaine septentrionale*, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux I.
- Cornell, R.M. et U Schwertmann (2003) : *The Iron Oxides. Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses*, 2^{ème} éd., Hardcover.
- Dubos, B. et B. Maurin (1985) : "Losa, village gallo-romain", *Aquitania*, 3, 71-89.
- (1986) : "Le site protohistorique sublacustre de l'Estey du large", *B S Borda*, 2, Dax, 57-72.
- Dubos, B. (2006) : "Les pirogues du lac de Sanguinet", *Aquitania*, 22, 7-53.
- Dubreuilh, J., J.-P. Capdeville, G. Farjanel, G. Karnay, J.-P. Platel et R. Simon-Coincon (1995) : "Dynamique d'un comblement continental durant le Néogène et le Quaternaire : l'exemple du Bassin d'Aquitaine", *Géologie de la France*, 4, 3-26.
- Froidefond, J.-M. (1982) : *Processus d'évolution d'un littoral sableux au cours de l'Holocène. Application au domaine aquitain, présentation d'une méthode de géomorphologie dynamique et quantitative*, Thèse d'État, Université de Bordeaux I.
- Gall, J.-C. (2003) : "Géomicrobiologie", in : *Les bactéries* (coord. : Ph. Lagny et J.-C. Michel), *Géochronique*, 86, 16-21.
- Gelpe, J., N. Gourdon-Platel et P. Legigan (1985) : "Alios landais", in : *La Grande Lande. Histoire naturelle et géographie historique*, Actes du colloque de Sabres, novembre 1981, 69-82.
- Glize, E. (2001) : "Autour de la mine et du haut-fourneau", in : *Ressources Minérales du sol et du sous-sol des Landes de Gascogne, Actes du colloque de Brocas, mars 2000*, 133-138.
- Gourdon, N. (1973) : *Étude de quelques concentrations en oxydes de fer dans diverses formations continentales du Bassin Aquitain. Essai de classification*, Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université de Bordeaux 3, 2 t.
- Gourdon-Platel, N. (1975a) : "Les alios et les garluches dans le Sable des Landes", *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*, 5, n° 9 -10, 79-87.
- (1975b) : "Les minerais de fer en Aquitaine et leur intérêt historique", *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*, 5, n° 4-6, 11-25.

- (1980) : "Les cuirasses de fer pisolithiques du Tertiaire continental de la bordure nord-aquitaine : typologie des pisolithes et hypothèses sur leur formation", *Rev. de Géomorphologie dynam.*, 29, n° 4, 129-142.
- (2001) : "Minerais de fer des Landes de Gascogne : garluches et autres grès ferrugineux", in : *Ressources Minérales du sol et du sous-sol des Landes de Gascogne, Actes du colloque de Brocas, mars 2000*, 89-104.
- Gourdon-Platel, N. et P. Legigan (1985) : "Garluches de la Grande Lande", in : *La Grande Lande. Histoire naturelle et géographie historique, Actes du colloque de Sabres, novembre 1981*, 69-80.
- Gourdon-Platel, N. et B. Maurin (2004) : "Le fer des marais, encroûtement superficiel holocène utilisé sur les sites archéologique de Sanguinet (Landes, France)", *Géologie de la France*, 1, 13-23.
- Groupe de l'Île du Marais de Katevale (Québec) (2003) : "Guide des milieux humides : Marais de Katevale" ; version 2003 (site : ecoroute.uqcn.ca/envir.htm).
- Jouannet, F. (1837-1843) : "Statistiques du Département de la Gironde", t. 1-1837 ; t. 2-1839 ; t. 3-1843, Paris.
- Karnay, G., J. Dubreuilh et J.-M. Bouchet (1992) : "Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille La Teste (849) avec notice explicative", Édit. BRGM.
- Klingebiel, A. et J.-P. Platel (2001) : "Histoire géologique et structures profondes du triangle landais", in : *Ressources Minérales du sol et du sous-sol des Landes de Gascogne, Actes du colloque de Brocas, mars 2000*, PNR Landes de Gascogne édit., 11-33.
- Lachance, F. (1995) : *L'exploitation industrielle de l'ocre en Mauricie, 1850-1968, Québec*, Maîtrise, Université du Québec à Trois Rivières, Canada.
- Lagny, P. (2003) : "Bactérie et métallogénèse. in : *Les bactéries* (coord. : Lagny P. et J.-C. Michel), *Géochronique*, Éditions SGF – BRGM 86, 21-23.
- Lalanne, R. (1999) : "Variation du niveau de l'océan et du lac de Sanguinet au cours des derniers millénaires", *B S Borda*, 124, 452, Dax, 91-97.
- Leblanc, J.-C. (2001) : "Les évolutions technologiques de la sidérurgie ancienne au charbon de bois en Europe jusqu'à la fin du XVIII^e siècle", in : *Ressources Minérales du sol et du sous-sol des Landes de Gascogne, Actes du colloque de Brocas, mars 2000*, PNR Landes de Gascogne Edit., 105-113.
- Legigan, P. (1979) : *L'élaboration de la formation du Sable des Landes, dépôt résiduel de l'environnement sédimentaire pliocène-pléistocène centraquitain*, Thèse État Sciences, Bordeaux I, *Mémoire Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 9.
- Lescarret, J.-P. (1988) : "La métallurgie", in : *Les landes et l'homme : évolution naturelle et évolution dirigée des Landes de Gascogne*, PNR Landes de Gascogne Édit., Centre d'Animation Graoux, 101-109.
- Lescarret, J.P. (2001) : "Un maître de forges landais : Dominique Larreillet. in : *Ressources Minérales du sol et du sous-sol des Landes de Gascogne, Actes du colloque Brocas, mars 2000*, PNR Landes de Gascogne Édit., 115-125.
- LIFE (1997) : "Coastal change climate and instability" : programme européen 97 env/UK000510 sur l'étude des changements et de l'instabilité de la zone littorale, Sanguinet lake.
- Magontier, P. (2006) : "Les pirogues de l'âge du fer" ; *réalisation d'un film de 52 mn avec la contribution de J.-C. Leblanc et des membres du CRESS* : produit et distribué par ADDC ARCHEOLUD-Périgueux (Prix André Faton au X^e Festival International ICRONOS du film archéologique de Bordeaux).
- Maurin, B. (1998) : *3000 ans sous les eaux. Bilan de 20 ans de recherches archéologiques subaquatiques dans le lac aquitain de Cazaux-Sanguinet*, Larbey.
- (2007) : *Site archéologique sublacustre de Sanguinet. Rapport d'activité 2007*.
- Maurin, B., B. Dubos et R. Lalanne (1999) : "L'enceinte protohistorique de l'Estey du large, site archéologique sublacustre de Sanguinet", *Aquitania*, 15, 73-107.
- Meyer, R. (1987) : "Paléooltériles et paléosols. L'empreinte du continent dans les séries sédimentaires", *Manuels et Méthodes*, Édit. BRGM, 13.
- Millot, M. (1984) : *Les forges de Drummondville, 1880-1911 : fin d'une industrie artisanale au Québec*, Maîtrise, Université du Québec à Trois Rivières, Canada.
- Platel, J.-P. (1991) : "Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Parentis-en-Born (847) et notice explicative", Édit. BRGM,.
- Platel, J.-P. et A. Klingebiel (2001) : "Les sables dans les Landes : géologie et ressources industrielles", in : *Ressources Minérales du sol et du sous-sol des Landes de Gascogne, Actes du colloque de Brocas, mars 2000*, PNR Landes de Gascogne Édit., 173-186.
- Strakov, N. M. (1947) : "Les faciès de minerais de fer et leurs analogues dans l'histoire de la terre. Essai d'analyse historico-géologique du processus sédimentaire", *Trudy Inst. geol. Nauk., Ser.geol. S.S.S.R.*, 22, traduction n°612, Édit. BRGM.
- Schut, P.H. (2003) : "Glossaire du site SISCan (Système d'information sur les sols du Canada)", dernière mise à jour.
- Tardy, Y. et C. Roquin (1998) : "Dérive des continents. Paléoclimats et altérations tropicales", *Mémoires et Documents du BRGM*, Édit. BRGM.
- Tastet, J.-P. et N. Pontee (1998) : "Morpho-chronology of coastal dunes in Medoc. A new interpretation of holocene dunes in southwestern France", *Geomorphology*, 25, 93-109.
- Tastet, J.-P. et B. Clavé-Papion (2008) : "Le mouvement perpétuel des côtes, 6000 ans d'Histoire des rivages aquitains", *Film réalisé par A. Duplessis, producteur CAP Terre*, 60 mn.
- Wyns, R. (2002) : "Climat, eustatisme, tectonique : quels contrôles pour l'altération continentale ? Exemple des séquences d'altération cénozoïques en France", *Bull. Inf. Bass. Paris*, 39, n° 2, 5-16.