



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 337 (2005) 297–303



<http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>

Géophysique externe, climat et environnement

L'élévation séculaire des berges antiques et médiévales de Bordeaux. Étude géoarchéologique et dendrochronologique

Thierry Gé^{a,*}, Wandel Migeon^a, Béatrice Szepertyski^b

^a Institut national de recherches archéologiques préventives, direction interrégionale Grand-Sud-Ouest et DOM-TOM, Centre d'activités « Les Échoppes », 156, av. Jean-Jaurès, bât. F, 33600 Pessac, France

^b Laboratoire d'analyses et d'expertises en archéologie et œuvres d'art, 10, rue Sainte-Thérèse, 33000 Bordeaux, France

Reçu le 22 avril 2003 ; accepté après révision le 8 novembre 2004

Disponible sur Internet le 22 janvier 2005

Présenté par Georges Pédro

Résumé

Sur les rives bordelaises de la Garonne, la mise au jour de trois plates-formes portuaires antiques et médiévales implantées sous le niveau des plus hautes mers de vives eaux (PHMVE) atteste une élévation de celui-ci de près de 1,10 m entre le XII^e et le XIV^e siècle. Elle a été ensuite identifiée lors de la fouille du port de Londres et sur le littoral méridional de la mer du Nord. D'un autre côté, des études européennes suggèrent les conséquences d'une telle élévation du niveau marin par l'identification de sites antiques et médiévaux immergés. Elle n'est pourtant pas reconnue au sein de la courbe d'élévation globale du niveau marin. Cette dernière tendrait donc à lisser des oscillations d'ordre séculaire et régional. Cette hausse se corrèle avec l'optimum climatique médiéval. En conclusion, cette transgression est comparable à celle constatée durant le XX^e siècle, permettant ainsi de moduler l'impact du forçage anthropique sur cette dernière. *Pour citer cet article : T. Gé et al., C. R. Geoscience 337 (2005).* © 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The centennial rise of the ancient and medieval banks in Bordeaux. Geoarcheological and dendrochronological study. On the banks of the Garonne River at Bordeaux, the discovery of three antique and medieval harbour platforms situated below the highest spring tide level (HWS) is witnessed to its increase of 1.10 m between the 12th and 14th centuries. It was then identified during excavations in the port of London and along the southern coast of the North Sea. In another direction, European studies suggest the consequences of such a sea level rise by identifying submerged ancient and medieval sites. This increase can be correlated to climatic oscillations, both regional and global, as has been identified by dendroclimatology. This centennial increase has not been accepted as an integral part of the curve expressing the maritime contour line over a period of thousands of years. This latter curve tends to smooth out oscillations in the order of a century and regional scale. To conclude, this medieval increase is comparable to that attested during the 20th century; this permitting a modulation of the importance of the anthropic component on the latter. *To cite this article: T. Gé et al., C. R. Geoscience 337 (2005).* © 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : thierry.ge@wanadoo.fr (T. Gé).

Mots-clés : Bordeaux ; Géoarchéologie ; Dendrochronologie ; Port ; Élévation du niveau marin relatif ; Optimum climatique médiéval ; Petit âge glaciaire

Keywords : Bordeaux; Geoarchaeology; Dendrochronology; Harbour; Relative sea-level rise; Medieval Warm Period; Little Ice Age

1. Introduction

À Bordeaux, des études géoarchéologiques réalisées sur les rives de la Garonne ont permis d'identifier cinq plates-formes portuaires, datées depuis la période antique jusqu'à l'époque moderne (Fig. 1). Le fleuve étant soumis au régime des marées, trois des cinq plates-formes portuaires sont implantées sous le niveau des plus hautes mers de vives eaux (PHMVE, 3,7 m NGF). En effet, l'altimétrie absolue des deux plus anciennes plates-formes (antique et médiévale) suggère qu'elles étaient submergées lors de coefficients de marées moyens (70), interdisant alors toute activité portuaire. Cela apparaît très improbable. Nous allons d'abord étudier leur rythme d'élévation depuis le début de notre ère. L'intervention des facteurs locaux et plus globaux dans l'élévation du niveau relatif des PHMVE à Bordeaux à la fin de l'époque médiévale est discutée. Elle serait la conséquence d'une hausse du niveau marin relatif, reconnue par ailleurs en Europe. Cette fluctuation eustatique est corrélée à des variations climatiques mineures identifiées durant le dernier millénaire, permettant ainsi de la comparer à l'élévation contemporaine du niveau marin relatif.

2. Étude des plates-formes portuaires antiques et historiques

Quatre tranchées stratigraphiques, réparties sur une longueur de 450 m, ont été réalisées à Bordeaux, dont trois sont perpendiculaires aux rives de la Garonne (Fig. 1). Les aménagements portuaires concernent d'abord des dépôts de matériaux grossiers sur la rive soumise au flux et au reflux de la marée [30]. C'est sur cette pente aménagée qu'étaient débarquées les marchandises issues des navires. Elles étaient ensuite entreposées sur une plate-forme portuaire installée entre la ville et le fleuve. Elles devaient être implantées au niveau moyen des PHMVE pour être fonctionnelles. Quatre plates-formes portuaires ont été recoupées dont trois se situent sous le niveau actuel

des PHMVE (Fig. 1); seule la plus récente, construite au XVIII^e siècle [30], est à l'abri des plus hautes mers (altitude : 4,25 m NGF). La plus ancienne couvre la période antique et médiévale (jusqu'au XII^e siècle), d'après le mobilier archéologique hétérogène qu'elle renfermait. Elle repose localement sur les argiles flandriennes naturelles (coupe A) et sur le substrat marneux oligocène (coupe B, C et D). Son altitude a peu évolué, entre 2 et 2,4 m NGF, soit respectivement à 1,7 et 1,3 m sous le niveau moyen actuel des PHMVE. La seconde plate-forme a été attribuée au XIII^e siècle. Des poutres de soutènement implantées sur son rebord ont été datées par dendrochronologie entre 1256 et 1274. Sa cote altimétrique est constante à son rebord, soit 2,6 m NGF en moyenne, correspondant à un exhaussement de 0,2 m en un siècle (2 mm an⁻¹). Elle a été construite à 1,10 m sous le niveau moyen actuel du niveau des PHMVE. Un épais dépôt vaso-organique, d'origine fluviale, s'est ensuite mis en place sur cette plate-forme durant les XIII^e/XIV^e siècles. La troisième plate-forme portuaire est caractérisée par l'édification de la troisième enceinte médiévale [30]. Bâtie en bordure de la plate-forme et du fleuve, elle a été achevée durant la seconde moitié du XIV^e siècle [30]. L'altitude de son rebord est de 3,5 m NGF en moyenne, soit une surélévation de 0,9 m en un siècle (9 mm an⁻¹), à 0,2 m sous le niveau des PHMVE. Elle a été édifiée sur les dépôts de submersion récurrente de la plate-forme du XIII^e siècle. La quatrième plate-forme est attribuée au début du XVII^e siècle, en référence à la construction d'échoppes adossées au rempart [30]. Cette datation est confirmée par le mobilier archéologique mis au jour. Son altitude est de 3,70 m NGF, soit le niveau actuel des PHMVE. Cette période se caractérise par une faible élévation de la plate-forme, soit 0,2 m durant deux siècles. L'altimétrie des deux plus anciennes plates-formes portuaires (antique / XII^e et XIII^e) apparaît incompatible avec le niveau moyen actuel des PHMVE, car elles seraient submergées lors d'une marée de coefficient moyen (70). Aucun tassement post-dépôt n'a été observé, notamment dans l'édi-

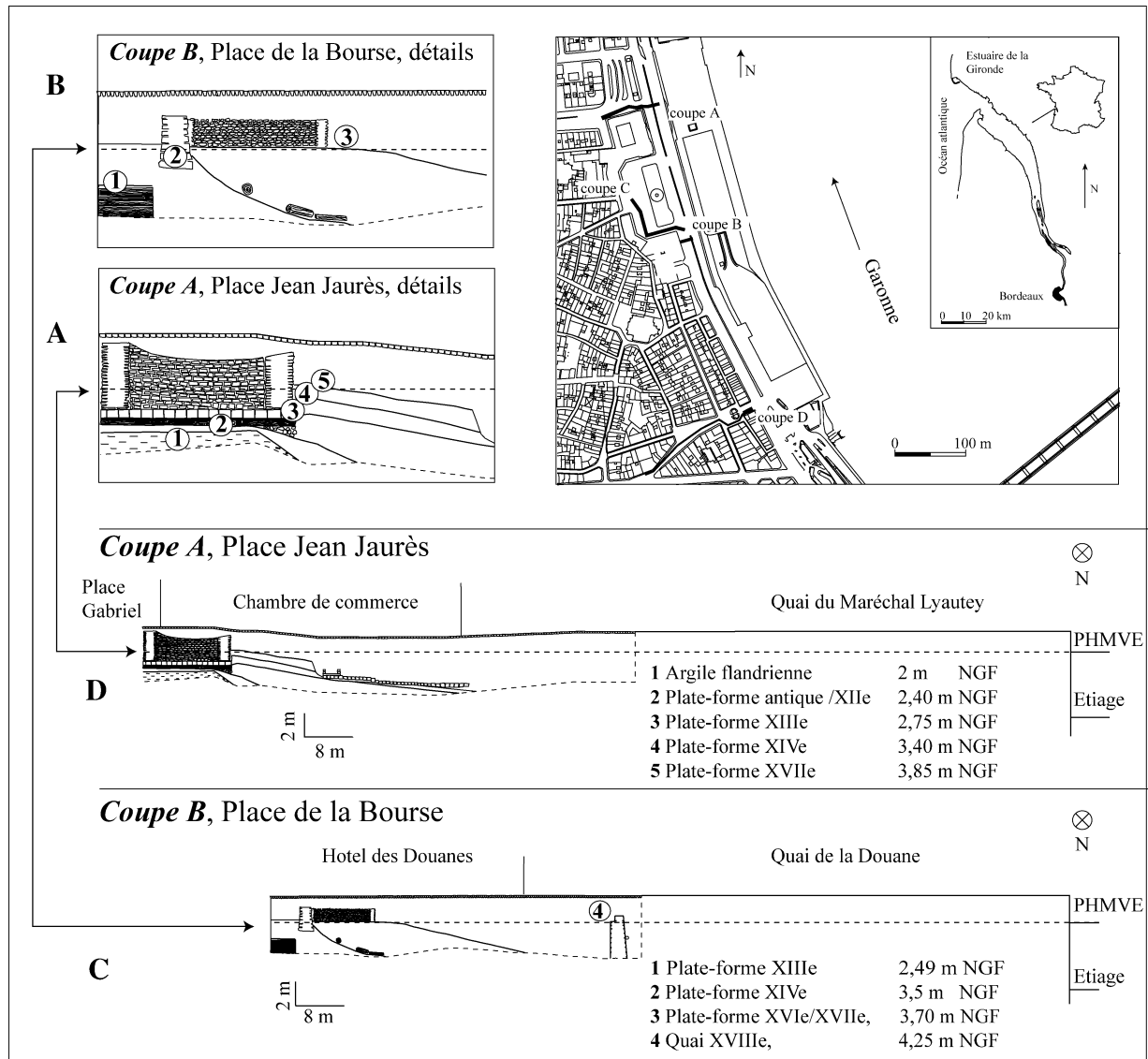


Fig. 1. Localisation et relevés stratigraphiques des berges portuaires de Bordeaux. Échelles identiques : (A) coupe transversale, place Jean-Jaurès ; (B) coupe transversale à la Garonne, place de la Bourse ; (C) coupe longitudinale, place de la Bourse ; (D) coupe transversale, place du Palais.

Fig. 1. Localisation and stratigraphic survey of the port banks in Bordeaux. Same scales: (A) transverse section, place Jean-Jaurès; (B) transverse section of the Garonne, place de la Bourse; (C) longitudinal section of the Garonne, place de la Bourse; (D) Transverse section of the Garonne, place du Palais.

fication d'un rempart médiéval sur l'une des plates-formes. Une élévation du niveau relatif des PHMVE à Bordeaux peut être évoquée au cours du dernier millénaire, plus précisément entre le XII^e et le XIV^e siècle inclus.

3. Facteurs régionaux et globaux impliqués dans une élévation du niveau relatif des PHMVE

La ville de Bordeaux (France) est implantée sur la Garonne, en amont de l'estuaire de la Gironde, à

100 km de son embouchure (Fig. 1). La ligne d'étiage est située à $-1,84$ m NGF. Le niveau des plus hautes mers de vives eaux (PHMVE) atteint $3,7$ m NGF (marnage maximal de $5,54$ m). Elle se caractérise aujourd'hui par un décalage altimétrique linéaire d'un mètre entre l'embouchure et Bordeaux. Ces données ont peu évolué depuis deux siècles ; les dragages dans l'estuaire ont abaissé le niveau des plus basses mers ($0,2$ m), sans toutefois modifier le niveau des PHMVE. Des relevés du marnage, effectués en 1819 par rapport à la plate-forme moderne identifiée lors de nos travaux, démontrent la stabilité du niveau moyen des PHMVE depuis cette époque [30]. L'évolution morphologique récente de l'estuaire (digues, dragages) n'a donc pas eu d'effets sur le niveau des PHMVE à Bordeaux [1,2]. L'incidence de la néotectonique régionale semble faible, même si aucune étude récente ne concerne l'estuaire de la Gironde [32]. La surélévation de la plate-forme portuaire à la fin de l'époque médiévale évoquerait alors une hausse du niveau marin relatif [7,35]. En effet, dans les estuaires, elle induit la submersion des rives [19]. Des travaux archéologiques attestent une hausse du niveau marin relatif durant cette période. Ainsi, au débouché de l'estuaire de la Gironde, l'église de Soulac (33) a été surélevée de cinq mètres au cours du XIII^e siècle, afin de lutter contre les inondations [1]. Lors de la fouille du port de Londres, un décalage altimétrique de $1,5$ m du niveau relatif des PHMVE a été mise en évidence entre les périodes antique et médiévale (I^{er} et XIV^e siècles) [27]. Sur le littoral méridional de la mer du Nord, en Allemagne, une élévation du niveau relatif des PHMVE de $1,25$ m entre 550 BP et 650 BP non calibré (^{14}C) a été caractérisée [4,12]. Par ailleurs, en Europe, une élévation comprise entre $0,5$ et 1 m a été constatée durant le dernier millénaire et rapportée à des phénomènes locaux [7,11,33,34]. Sur la façade atlantique, une augmentation de l'ordre de 1 m a été évoquée dans l'estuaire de la Charente [6,8]. Dans la région de Solent (Angleterre), on a déterminé une hausse du niveau marin relatif de 1 à 3 mm an $^{-1}$, se traduisant par l'existence de sites archéologiques antiques et médiévaux immergés [9]. En Hollande, un nouvel épisode d'édification de tertres d'habitats évoque une phase d'élévation du niveau marin relatif postérieurement au X^e siècle et identifié par les géologues [26]. La côte méditerranéenne a subi également une élévation du niveau marin relatif depuis le début de notre

ère. Elle se caractérise par de nombreux sites antiques immergés [10,11,28,29,34]. Une élévation du niveau marin relatif de l'ordre du mètre en Europe à la fin de la période médiévale apparaît donc bien documentée par des études géoarchéologiques. Toutefois, son ampleur ne coïncide pas avec la courbe d'élévation du niveau marin définie à l'échelle planétaire et millénaire ($0,3$ mm an $^{-1}$) [7,35] (Fig. 3). Il convient de nuancer ce constat. Ainsi, le réchauffement climatique contemporain s'accompagne d'une hausse du niveau marin relatif en Europe, de l'ordre de 1 à 2 mm an $^{-1}$ au cours du XX^e siècle, soit près de trois à six fois supérieure à la courbe d'élévation globale [7,35]. De plus, des fluctuations de rythme ont également été mises en évidence aux échelles de temps annuelle et décennale. D'un autre côté, selon les modèles de prévisions globaux, l'élévation serait plus importante dans l'hémisphère Nord. Elle serait aggravée dans les régions de subsidence, notamment au sein des estuaires [7, 19,35]. Enfin, elle apparaît surestimée à proximité des anciennes calottes glaciaires, du fait du rebond isostatique. L'élévation consécutive du niveau marin relatif à la fin de l'époque médiévale en Europe pourrait alors caractériser un phénomène spécifique d'ordre régional et séculaire, non représentatif de la courbe d'élévation globale du niveau marin, élaborée à l'échelle globale et millénaire. Cette élévation du niveau marin relatif pourrait être la conséquence de fluctuations climatiques intervenues durant le dernier millénaire [5, 20–22].

4. Corrélations paléoclimatiques

Une approche dendroclimatique a donc été entreprise sur un étalon dendrochronologique concernant le bois de chêne, pour la période 1100–1800 [13,17]. En effet, la croissance annuelle de certaines essences d'arbres, dont le chêne, est caractérisée par le développement d'un cerne. Son épaisseur est dépendante des conditions climatiques régionales saisonnières [13]. Dans l'étalon dendrochronologique considéré, le nombre moyen de cernes mesurés pour chaque année (couverture) est égal à 41, avec une distribution statistique significative. Ces échantillons sont issus du Bassin aquitain. La validité de cet étalon est confortée par son taux de signatures, dépassant 50%. Ce taux représente le pourcentage d'années pour laquelle au

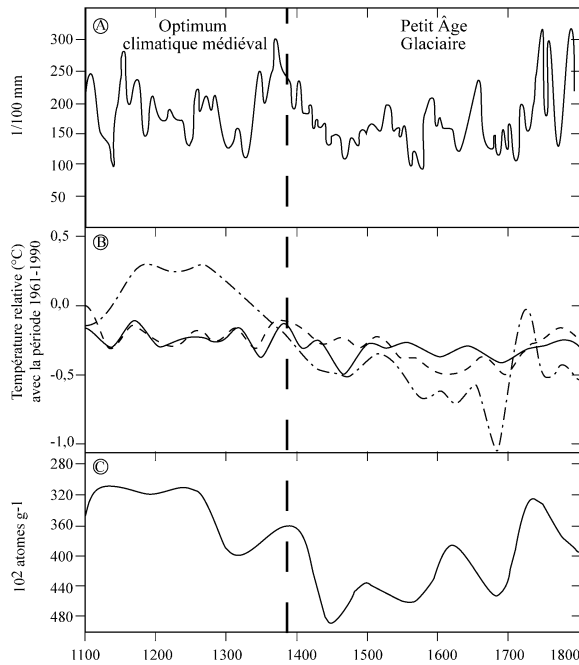


Fig. 2. Corrélation entre l'étalon dendrochronologique, les courbes d'estimation des températures entre 1100 et 1800 (d'après Mann [22]; Angleterre centrale d'après Lamb [16]) et la courbe du ^{10}B de 1100 à 1800, issue des données de la calotte glaciaire du Groenland (d'après Beer et al. [3]). (A) Étalon dendrochronologique pour l'Aquitaine pour la période de 1100 à 1800. (B) Estimation des variations de température, d'après Mann [22]: — hémisphère nord, moyenne annuelle; - - - Angleterre centrale, d'après Lamb [16]; - - - hémisphère nord (extratropical, été). (C) Évolution du ^{10}Be issu de la calotte glaciaire au Groenland, d'après Beer et al. [3]. Les valeurs basses du ^{10}Be représentent une augmentation du rayonnement solaire.

Fig. 2. Correlation between dendrochronological standard and the curves of estimated temperature variations during 1100–1800 (from Mann [22]) and the curve of ^{10}B over 1100–1800, as recorded in the Greenland Ice sheet (from Beer et al. [3]).

moins 75 % des cernes représentant une année ont une épaisseur significative (signal annuel clair). La courbe d'évolution annuelle de l'épaisseur des cernes est donc représentative des fluctuations climatiques, dépendantes, pour l'Aquitaine, des influences océaniques atlantiques (Fig. 2). Cette courbe se corrèle avec des estimations des variations de températures moyennes dans l'hémisphère nord [22] et de l'évolution du rayonnement solaire au cours du dernier millénaire [4]. Deux phases climatiques ont été caractérisées : l'Optimum Climatique Médiéval, de 1100 vers 1400 et le Petit Âge Glaciaire de 1400 à 1900 [4,5,14,

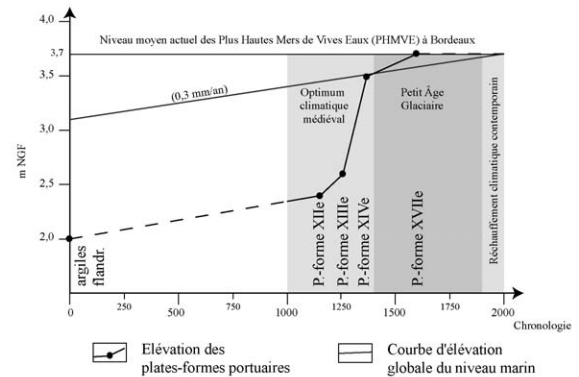


Fig. 3. Corrélations entre le rythme d'élévation des plates-formes portuaires de Bordeaux, la courbe d'élévation globale du niveau marin et les oscillations climatiques durant le dernier millénaire.

Fig. 3. Correlations between the curve rise of the harbour platforms of Bordeaux, a curve of global sea-level rise and the climatic oscillations during the last millennium.

15,18,20–25]. Cette différenciation apparaît plus probante dans l'hémisphère nord, plus particulièrement en Europe et dans la zone atlantique, où les données historiques abondent [21,22]. La période d'élévation de la plate-forme portuaire à Bordeaux (XII^e siècle–fin du XIV^e siècle) coïncide donc avec le développement de l'optimum climatique médiéval en Europe (Fig. 3). Celui-ci apparaît d'ampleur comparable au réchauffement contemporain (première moitié du XX^e siècle) [20,22]. Ainsi, la caractérisation de l'élévation actuelle du niveau marin relatif en Europe (1 à 2 mm an⁻¹) suggère qu'un processus similaire ait pu également se produire à la fin du Moyen Âge. Mais l'amplitude de l'exhaussement de la plate-forme portuaire médiévale à Bordeaux (0,9 m) ne pourrait avoir qu'une valeur indicative; en effet, il a pu y avoir une certaine tolérance de la part des hommes entre l'élévation de la plate-forme portuaire et celle du niveau relatif des PHMVE à Bordeaux.

5. Conclusions

L'élévation des plates-formes portuaires bordelaises se rapporte certainement à une hausse du niveau relatif des PHMVE à la fin de l'époque médiévale (XII^e siècle–fin du XIV^e siècle). Elle serait la conséquence d'une élévation du niveau marin relatif,

reconnue à l'échelle européenne au cours de l'optimum climatique médiéval. La courbe globale d'élévation du niveau marin, élaborée à l'échelle millénaire ($0,3 \text{ mm an}^{-1}$), ne tient pas compte de fluctuations mineures. Elle tendrait donc à lisser des oscillations régionales perçues à l'échelle séculaire. La hausse du niveau marin en Europe depuis plus d'un siècle conforte ce point de vue [7]. Ainsi, l'impact du forçage anthropique sur l'élévation du niveau marin global actuel pourrait être modulé [31,35]. Loin d'ignorer les effets de celui-ci sur le climat actuel et sur les modèles de prévisions d'élévation du niveau marin durant le XXI^e siècle [7,35], la transgression contemporaine constatée en Europe est compatible avec les conséquences d'un réchauffement climatique naturel postérieur au petit âge glaciaire. Finalement, il conviendrait d'étudier plus en détail les indicateurs chronologiques archéologiques très précis de l'évolution du niveau moyen des PHMVE en Europe, notamment par l'étude géoarchéologique d'anciens ports littoraux.

Remerciements

Les auteurs remercient M.M. Barraud, Capdeville, Dubreuilh, Feral, Geneste, Lenôtre, Régaldo-Saint Blancard et Rouzeau pour leurs remarques constructives.

Références

- [1] A. Allard, J. Dubreuilh, J.-M. Marionnaud, Contribution de la méthode historique à la résolution d'un problème de géologie récente : exemple du Bas-Médoc (Gironde), *Bull. BRGM*, 2^e série, Section I 1 (1974) 1–14.
- [2] G.P. Allen, Étude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde, thèse de d'État, université Bordeaux-1, 1972, 314 p.
- [3] J. Beer, F. Joos, C. Lukaszczuk, W. Mende, U. Siegenthaler, R. Stellmacher, M. Suter, ^{10}Be as an indicator of solar variability and climate, in : E. Nesme-Ribes (Ed.), *The Solar Engine and its Influence on Terrestrial Atmosphere and Climate*, Springer, Berlin, 1994, pp. 221–233.
- [4] K.-E. Behre, *Nacheiszeitliche Entwicklung an der Nordsee*, Nationalatlas der Bundesrepublik Deutschland (i. Vorb.), 2001.
- [5] R.S. Bradley, K. Briffa, T.J. Crowley, M.K. Hughes, P.D. Jones, The scope of medieval, *Science* 292 (2001) 2011–2012.
- [6] P. Carbonel, H. Dartevielle, J. Evin, Y. Gruet, L. Laporte, L. Marambat, J.-P. Tastet, C. Vella, O. Weber, Évolution paléogéographique de l'estuaire de la Charente au cours de l'Holocène, in : DAF (Ed.), *L'estuaire de la Charente de la Protohistoire au Moyen Âge*, n°72, Paris, 1998, pp. 16–25.
- [7] J.-A. Church, J.-M. Gregory, Changes in Sea Level. Report, in : B.C. Douglas, A. Ramirez (Eds.), *Climate change 2001, IPCC, 3rd Assessment Report*, 11, 2001.
- [8] R.J.N. Devoy, C. Delaney, R.W.G. Carter, C. Jennings, Coastal stratigraphies as indicators of environmental changes upon European coasts in the Late Holocene, *J. Coast. Res.* 12 (1996) 564–588.
- [9] M. Drummond, *Toward strategic Guidance for the Solent*, GG2.01 Coastal Zone Management, 1996.
- [10] N.C. Flemming, Structures under water, in : K. Muckelroy (Ed.), *Archaeology under Water*, 1980, pp. 164–175.
- [11] N.C. Flemming, C.O. Webb, Tectonic and eustatic coastal changes during the last 10 000 years derived from archeological data, *Z. Geomorphol. (suppl.)* 62 (1986) 1–29.
- [12] H. Freund, H. Streif, Natural Sea-Level Indicators Recording the Fluctuations of the Mean High Tide Level in the Southern North Sea, *Wadden Sea Newslett.* 2 (2000) 16–18.
- [13] H. Fritts, *Reconstructing Large-Scale Climatic Patterns from Tree Ring Data*, The University of Arizona Press, Tucson, AZ, USA, 1991, 286 p.
- [14] H. Hengeveld, L'année 1999 en revue. Évaluation des progrès de la recherche en sciences des changements climatiques, Service météorologique du Canada, 1999.
- [15] M. Hughes, G. Funkouser, F. Ni, The Ancient Bristlecone Pines of Methuselah Walk, California, as a natural Archive of Past Environment in *Pages: Dendrochronology, Past Global changes* 10 (2002) 16–17.
- [16] H.H. Lamb, The early medieval warm epoch and its sequel, *Paleogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1 (1965) 13–37.
- [17] G.N. Lambert, V. Bernard, C. Dourcerain, O. Girardclot, B. Szepertyski, Y. Trénard, French regional oak chronology than 1000, in : *Tree-rings, Environment and humanity*, Proc. Int. Conf., Tucson, AZ, 1994, pp. 821–833.
- [18] I. Laroque, C. Kul, K. Alverson, *Pages News* 10 (2002) 1–24.
- [19] P. Le Hir, Effets à attendre de l'élévation du niveau de la mer dans les estuaires : les cas de la Seine et de la Loire, in : *Le changement climatique et les espaces côtiers. L'élévation du niveau de la mer : risques et réponses*, Actes du colloque d'Arles, 2000, pp. 34–39.
- [20] M.-E. Mann, Climate during the past millennium, *Weather* 56 (2001) 91–102.
- [21] M.-E. Mann, Little Ice Age, in : *Encyclopedia of Global Environmental Change*, 2002, pp. 504–509.
- [22] M.-E. Mann, Medieval Climatic Optimum, in : *Encyclopedia of Global Environmental Change*, 2002, pp. 514–516.
- [23] M.-E. Mann, R.-S. Bradley, M. Hughes, Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six century, *Nature* 392 (1998) 779–1787.
- [24] M.-E. Mann, M.-K. Hughes, Tree ring chronology and climate variability, *Science* 296 (2001) 848.
- [25] M.-E. Mann, R.S. Bradley, M.K. Hughes, Northern hemisphere temperatures during the past millenium: inferences, uncertainties, and limitations, *Geophys. Res. Lett.* 26 (1999) 759–762.
- [26] H. Meijer, *Bulletin de l'IDG 1995/96 : les Pays-Bas et l'eau*, Centre d'information et de documentation pour la géographie des Pays-Bas, Utrecht/La Haye, 1996, 36 p.

- [27] G. Milne, *The Port of Roman London*, B.T. Batsford Ltd, London, 1993, 161 p.
- [28] C. Morhange, M. Provansal, C. Vella, P. Arnaud, M. Bourcier, J. Laborel, Montée relative du niveau de la mer et mouvements du sol à l'Holocène en basse Provence (France, Méditerranée), *Ann. Géogr.* 600 (1998) 139–159.
- [29] C. Morhange, C. Vella, C. Provansal, A. Hesnard, J. Laborel, Human impact and natural characteristic of the ancient port of Marseilles and Fos-en-Provence, Southern France, *Environ. Reconstr. Mediterr. Landscape Archaeol.* 2 (2000) 145–153.
- [30] P. Régaldo-Saint Blancard, Le quartier de Tropeyte à Bordeaux. Essai de synthèse historique et archéologique, *Rev. archéol. Bordeaux XCI* (2000) 41–97.
- [31] B. Simon, Les niveaux marins extrêmes le long des côtes de France et leur évolution, in : *Le changement climatique et les espaces côtiers. L'élévation du niveau de la mer : risques et réponses*, Actes du colloque d'Arles, 2000, pp. 34–39.
- [32] J.-P. Tastet, Les paysages du Littoral aquitain, témoins de l'évolution des environnements : l'exemple du Médoc, in : *Journée Aquitaine du littoral, pour une gestion concertée de l'environnement Littoral, Aquaculture*, Bordeaux, 1994, pp. 9–17.
- [33] O. Van De Plassche, O.K. Van der Borg, A.F.M. De Jong, Sea level-climate correlation during the past 1400 yr, *Geology* 26 (1998) 319–332.
- [34] C. Vella, M. Bourcier, M. Provansal, Montée du niveau marin et sédimentation holocène sur la marge orientale du delta du Rhône, *Bull. Soc. géol. France* 169 (3) (1998) 403–414.
- [35] R. Watson, J. Houghton, D. Hyhui, *Climate change 2001: the Scientific Basis. Report of the intergovernmental Panel on climate change: part of the working group/contribution to the Third Assesment, Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group/Report*, 2001, 98 p.