



Estimation de l'effet réservoir 14C marin en mer d'Arabie

Jean-François Saliège, Anne-Marie Lézine, Serge Cleuziou

► To cite this version:

Jean-François Saliège, Anne-Marie Lézine, Serge Cleuziou. Estimation de l'effet réservoir 14C marin en mer d'Arabie. *Paléorient*, 2005, 31 (1), pp.64-69. 10.3406/paleo.2005.4784 . hal-01613982

HAL Id: hal-01613982

<https://hal.science/hal-01613982>

Submitted on 19 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Estimation de l'effet réservoir 14C marin en mer d'Arabie

J.-F. Saliège, Anne-Marie Lezine, S. Cleuziou

Résumé

Les mesures de l'effet réservoir en mer d'Arabie, de l'actuel à 8685 cal BC, permettent d'envisager la calibration 14C des biominéralisations marines (coquilles, otolithes, bioapatite). Du présent à 4560 cal BC, le ΔR reste constant (210 ± 75 ans) dans le nord-ouest de la mer d'Arabie, ce qui permet d'insérer les dates 14C de nombreux sites anthropiques des rivages du golfe d'Oman dans les chronologies classiques. Au-delà, le ΔR enregistre les importantes variations d'intensités des remontées d'eau profonde. Il atteint jusqu'à 700 ans de 6475 cal BC à 7305 cal BC.

Abstract

Measurements of the marine reservoir effect in the Arabian Sea, from the present to 8685 cal BC, make it possible to discuss the 14C calibration of marine biomineralisations (shells, otoliths, bioapatite). From the present to 4560 cal BC, the ΔR (210 ± 15) remains constant in the north-west of Arabian Sea allowing us to insert the 14C dates of many anthropic sites from the coast of the gulf of Oman into classical chronologies. During the early to mid-Holocene, the high amplitude in sea surface temperature variation linked to intensified upwelling activity lead to higher values of the marine reservoir effect of up to 700 years from 6475 to 7305 cal BC.

Citer ce document / Cite this document :

Saliège J.-F., Lezine Anne-Marie, Cleuziou S. Estimation de l'effet réservoir 14C marin en mer d'Arabie. In: Paléorient, 2005, vol. 31, n°1. Anciennes exploitations des mers et des cours d'eau en Asie du Sud-Ouest. Approches environnementales. pp. 64-69;

doi : <https://doi.org/10.3406/paleo.2005.4784>

https://www.persee.fr/doc/paleo_0153-9345_2005_num_31_1_4784

Fichier pdf généré le 27/10/2018

ESTIMATION DE L'EFFET RÉSERVOIR ^{14}C MARIN EN MER D'ARABIE

J.-F. SALIÈGE, A.-M. LÉZINE et S. CLEUZIQU

Résumé : Les mesures de l'effet réservoir en mer d'Arabie, de l'actuel à 8685 cal BC, permettent d'envisager la calibration ^{14}C des biominéralisations marines (coquilles, otolithes, bioapatite). Du présent à 4560 cal BC, le ΔR^1 reste constant (210 ± 15 ans) dans le nord-ouest de la mer d'Arabie, ce qui permet d'insérer les dates ^{14}C de nombreux sites anthropiques des rivages du golfe d'Oman dans les chronologies classiques. Au-delà, le ΔR enregistre les importantes variations d'intensités des remontées d'eau profonde. Il atteint jusqu'à 700 ans de 6475 cal BC à 7305 cal BC.

Abstract : Measurements of the marine reservoir effect in the Arabian Sea, from the present to 8685 cal BC, make it possible to discuss the ^{14}C calibration of marine biomineralisations (shells, otoliths, bioapatite). From the present to 4560 cal BC, the ΔR (210 ± 15) remains constant in the north-west of Arabian Sea allowing us to insert the ^{14}C dates of many anthropic sites from the coast of the gulf of Oman into classical chronologies. During the early to mid-Holocene, the high amplitude in sea surface temperature variation linked to intensified upwelling activity lead to higher values of the marine reservoir effect of up to 700 years from 6475 to 7305 cal BC.

Mots Clefs : Effet réservoir, ^{14}C , Upwelling, ΔR .

Key-Words : Marine reservoir effect, Upwelling activity, ΔR .

La chronologie des sites anthropiques des rivages du golfe d'Oman est fondée essentiellement sur l'étude stylistique de la céramique². Au-delà des périodes historiques, le golfe d'Oman se trouvant alors sur le parcours des grands réseaux commerciaux dominés par les civilisations de Sumer et de l'Indus, les chronologies régionales – reposant sur les céramiques d'importation ou locale – peuvent être raccordées à ces deux grands ensembles de l'Asie moyenne. Cependant pour bien des sites protohistoriques et, pour les périodes antérieures, l'absence de céramiques impose le recours à une solution alternative. Seule une méthode physico-chimique devient envisageable. La datation ^{14}C se révèle la plus précise à la condition de pouvoir mesurer avec exactitude l'effet réservoir marin.

LA DATATION ^{14}C EN MILIEU MARIN ET CALIBRATION

Les sites anthropiques holocènes disséminés le long des rivages de la mer d'Arabie présentent fréquemment d'importantes accumulations de coquilles et d'ossements d'animaux marins. Ces vestiges, reflet d'une activité humaine tournée vers la mer, sont *a priori* susceptibles de fournir un matériau de datation ^{14}C . Cependant, en milieu océanique l'équilibre isotopique entre le CO_2 atmosphérique (réservoir du ^{14}C) et le carbone total inorganique dissous (CTID) dans les eaux n'est pas atteint. Le brassage entre les différentes masses d'eau entraîne un appauvrissement en ^{14}C . Les organismes vivants dont la source de carbone est le CTID subissent le même déficit. Les échanges entre le dioxyde de carbone atmosphérique et les eaux marines – de surface, de la zone de thermocline ou

1. ΔR : écart par rapport à l'effet réservoir mondial.

2. E.g. CLEUZIQU and TOSI, 1989 ; MÉRY, 1991, 1996.

profondes – ont été modélisés³. Du modèle des eaux de surface, testé grâce à des coquilles d'âge connu, on en déduit un vieillissement apparent de l'ordre de 400 ans des êtres vivant en milieu marin par rapport à ceux vivant en milieu continental. C'est ce décalage que l'on nomme effet réservoir mondial (R). Ce dernier étant lié à la circulation des masses d'eaux océaniques n'est pas uniforme. En particulier dans les zones d'*upwelling*, la remontée des eaux profondes entraîne un effet réservoir plus important. On désigne sous le terme ΔR cet écart par rapport au R mondial. Ce ne sera qu'une fois ΔR connu et en respectant les conventions de normalisation des âges ^{14}C ⁴ que l'on pourra envisager l'utilisation des logiciels de calibration⁵, qui permettront d'insérer ces dates dans les chronologies historiques.

Pour obtenir une mesure fiable du ΔR , la solution la plus simple est de connaître l'âge réel de la coquille et d'en effectuer la datation. Les explosions thermonucléaires des années 1950-1963 AD ayant bouleversé la teneur en ^{14}C de l'atmosphère, il est nécessaire de recourir aux collections de coquillages rapportées par les naturalistes avant 1950 AD pour mesurer le ΔR actuel. Pour les périodes antérieures la solution consiste à connaître l'âge du niveau archéologique (essentiellement grâce à la typologie céramique) ou sédimentologique (principalement par comptage des sédiments varvés) dans lequel est incluse la coquille à dater.

LES UPWELLINGS ET L'EFFET RÉSERVOIR EN MER D'ARABIE

L'hydrologie dans le nord-ouest de la mer d'Arabie est contrôlée par les variations climatiques saisonnières liées à la mousson indienne. La formation du courant de Somalie le long de la côte est-africaine est une réponse de la circulation de surface aux inversions des vents de mousson ; ce courant transporte vers le nord-est des eaux froides de faible salinité. Le courant de Somalie n'est pas continu le long de la côte, mais comporte des tourbillons qui évoluent avec l'intensité de la mousson du Sud-Ouest⁶. En effet, au déclenchement de la mousson (début mai), le courant côtier est-africain de faible intensité s'intensifie, traverse l'équateur, et forme la

branche sud du courant de Somalie. La zone d'*upwelling* centrée vers 4°N apparaît en premier puis, quand la mousson est intense, le grand tourbillon de Somalie se forme entre 5° et 10°N. Ce dernier engendre la deuxième zone d'*upwelling* (de Socotra) centrée autour de 10°N ainsi que la troisième vers 20°N en bordure de la péninsule Arabique le long des côtes omanaises⁷.

Les déterminations des ΔR actuels à l'intérieur d'une large région géographique (fig. 1) ont été effectuées à l'aide de coquilles provenant de collections indiennes, du Museum National d'Histoire naturelle de Paris et du Museum de la Smithsonian Institution (tableau 1). Elles ont permis à Dutta *et al.*⁸ et Southon *et al.*⁹ d'établir un bilan global de l'effet réservoir actuel le long des rives de la mer d'Arabie. Le carottage entrepris au large du Pakistan dans des sédiments varvés a permis de compléter cette série de mesures en datant les foraminifères associés aux varves¹⁰.

Le ΔR moyen actuel ($n = 10$) pour le nord-ouest de la mer d'Arabie est donc de 205 ± 20 ans ($\sigma/\sqrt{n}$). Staubwasser *et al.*¹¹ ont étudié une carotte prélevée au large des côtes pakistanaïses (24°36'N, 65° 55'E), composée de sédiments laminés bien préservés. Ils ont daté des foraminifères planctoniques (*Globigerinoides sacculifer*) associés aux lames annuelles et déterminent ainsi l'évolution de l'effet réservoir de 3550 cal BC à 8685 cal BC.

Sur le continent, Uerpmann¹² publie les premières déterminations de ΔR du golfe d'Oman. Il choisit les mangroves de Bandar Khayran et de ar-Ra's al Hamra ainsi que quelques sites anthropiques dispersés dans la région de Sur (fig. 1), tous compris entre 4500 et 6500 BP. Pour les sites de mangrove, il sélectionne *Avicennia marina* pour la datation du matériau d'origine continental et *Terebralia palustris* pour celui d'origine marine. La comparaison de ces mesures permet aux auteurs de proposer un effet réservoir d'environ 800 ans ($R + \Delta R$). Cette valeur, très élevée (tableau 2), met en évidence la difficulté de mesurer avec une grande précision l'effet réservoir en partant de deux mesures ^{14}C croisées. L'expérience acquise dans d'autres zones d'*upwelling* (e.g. Pérou et Chili) montre que pour certains sites, la matière organique (restes de végétaux, de bois ou de charbons diffus) associée aux coquilles n'a pas toujours un âge négligeable et par

3. STUIVER and BRAZUINAS, 1993.

4. STUIVER and POLACH, 1977.

5. STUIVER *et al.*, 1998 ; HUGHEN *et al.*, 2004.

6. FIEUX *et al.*, 1986 ; PRELL *et al.*, 1990 ; YOU, 1997.

7. PRELL, 1984.

8. DUTTA *et al.*, 2001.

9. SOUTHON *et al.*, 2002.

10. VON RAD *et al.*, 1999.

11. STAUBWASSER *et al.*, 2002.

12. UERPMANN, 1991.

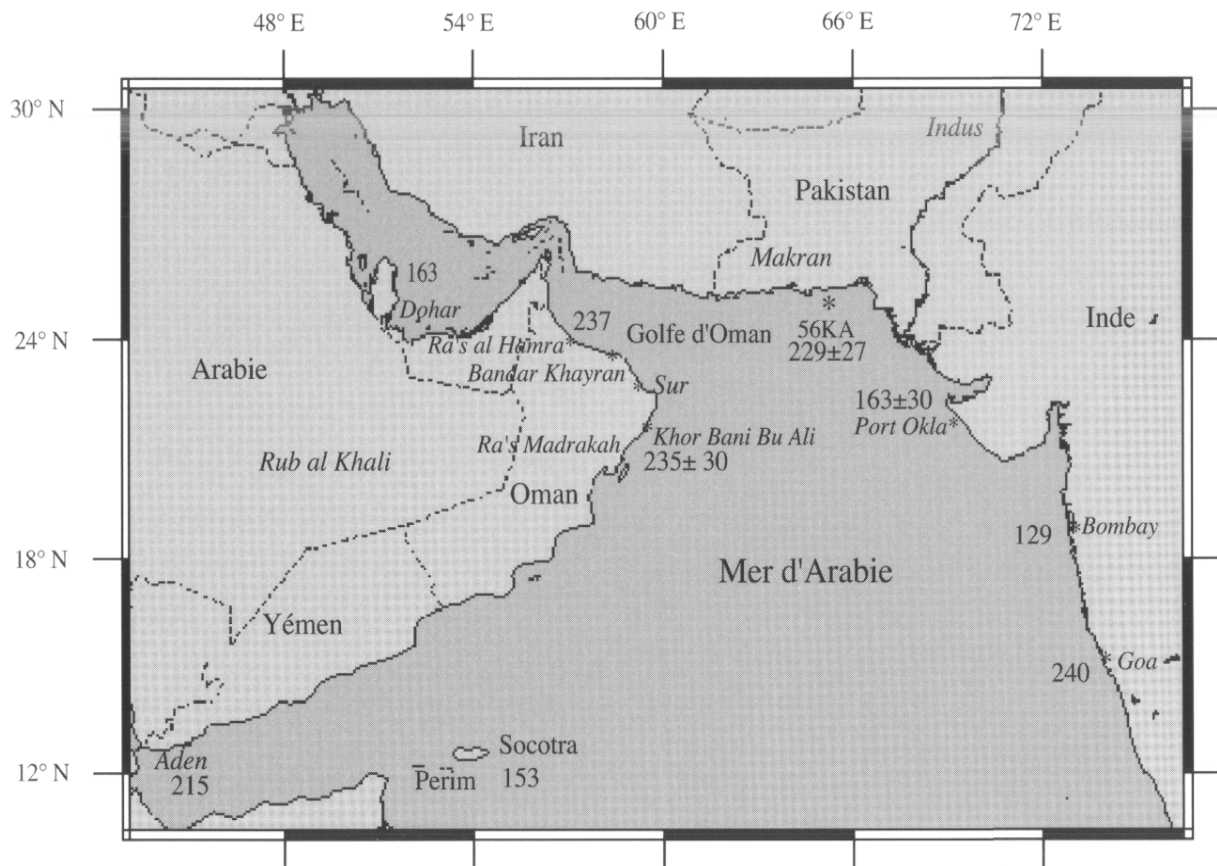


Fig. 1 : ΔR actuels du bassin de la mer d'Arabie. Lorsque plusieurs mesures ont été effectuées sur un site, nous avons choisi de présenter la moyenne.

ailleurs migre souvent d'une strate à l'autre ; il s'ensuit des erreurs importantes. Biagi¹³ publie une synthèse de dates ¹⁴C de coquilles provenant de sites côtiers omanais et se heurte aux mêmes difficultés. Pour les contourner, Charpentier *et al.*¹⁴ choisissent un niveau archéologique à Khor Bani Abu 'Ali incluant une céramique datée de 2150 ± 50 cal BC¹⁵ et riche en coquilles d'*Amiantis umbonella*, et déterminent ainsi un ΔR de 235 ± 30 ans¹⁶. Elle montre que l'effet réservoir n'a pas ou peu varié entre l'actuel et le milieu du V^e millénaire (4550 cal BC) et donc que les multiples facteurs qui le contrô-

lent (mousson d'été, *upwelling*, mousson d'hiver, surface de convection...) sont restés constants. Le ΔR est très mal connu au millénaire précédent (entre 4550 cal BC et 5500 cal BC) et semble fluctuer entre 240 et 610 ans (tableau 2). Ensuite, il se stabilise autour de 610 ans de 5550 cal BC à 6400 cal BC. La mer a alors atteint son niveau actuel¹⁷ recouvrant les sites archéologiques antérieurs. À partir de cette période et jusqu'à 8685 cal BC, l'effet réservoir marin devient beaucoup plus important ($R + \Delta R$ de 780 à 1120 ans, tableau 2). Cette évolution de l'effet réservoir est synchrone de l'évolution climatique du nord-ouest de l'océan Indien¹⁸ qui montre que les flux de la mousson indienne et leurs effets sur l'*upwelling* de la mer d'Arabie ont considérablement varié.

13. BIAGI, 1994.

14. CHARPENTIER *et al.*, 2000.

15. MÉRY and MARQUIS, 1998.

16. Cette valeur est cohérente par rapport aux données de VON RAD *et al.*, 1999 ; DUTTA *et al.*, 2001 ; STAUBWASSER *et al.*, 2002 et SOUTHWON *et al.*, 2002.

17. LAMBECK, 1996.

18. SIROCKO *et al.*, 1993 ; METHA and LAU, 1997 ; SCHULZ *et al.*, 1998 ; GUPTA *et al.*, 2003.

Tableau 1 : Récapitulatif des mesures du ΔR actuel en mer d'Arabie

Espèces	Collection	Date	Localisation	Latitude	Longitude	ΔR
Nord-Ouest de la mer d'Arabie						
<i>Marcia flammea</i>	MNHN*	1843 AD	Mascate	23.5 N	58.6 E	285
<i>Marcia flammea</i>	MNHN*	1850 AD	Aden	12.5 N	45 E	157
<i>Gafrarium callipygum</i>	MNHN*	1850 AD	Socotra	12.5 N	54 E	206
<i>Pinctada margaritifera</i>	MNHN*	1897 AD	Mascate	23.5 N	58.6 E	189
<i>Irus rugosus</i>	MNHN*	1920 AD	Perim	12.5 N	53.3 E	101
<i>Marcia flammea</i>	MNHN*	1921 AD	Aden	12.5 N	45 E	287
<i>Pinctada radiata</i>	MNHN*	1921 AD	Aden	12.5 N	45 E	202
foraminifères	SO90-56KA**	1926 AD	Carottage	24°50' N	65°55'E	208 ± 25
foraminifères	SO90-56KA**	1898 AD	Carottage	24°50' N	65°55'E	248 ± 24
<i>Turbo brunneus</i>	Inde***	1953 AD	Port Okla	22°28 N	69°05'E	163 ± 30
Est de la mer d'Arabie						
<i>Marcia recens</i>	MNHN*	1836 AD	Bombay	18.8 N	72.7 E	151
gastéropodes	USNM*	1887 AD	Bombay	18.9 N	72.8 E	107
<i>Marcia opima</i>	MNHN*	1841 AD	Goa	16.5 N	73.8 E	240
Golfe arabo-persique						
<i>Pinctada radiata</i>	MNHN*	1952 AD	Dohar	25.3 N	51.4 E	163
Mer Rouge						
<i>Tapes deshaysi</i>	MNHN*	1921 AD	Djibouti	11.3 N	43 E	93
<i>Pinctada radiata</i>	MNHN	1839 AD	Mer Rouge	20	38	96

* MNHN : collection du Museum National d'Histoire naturelle (SOUTHON *et al.*, 2002).

* USNM : Smithsonian Institution (SOUTHON *et al.*, 2002).

** Carotte SO90-56KA (VON RAD *et al.*, 1999).

*** Collection indienne (DUTTA *et al.*, 2001).

CONCLUSION

La datation ^{14}C des biominéralisations d'origine marine des sites côtiers en mer d'Arabie a été longtemps entachée de l'incertitude sur l'ampleur de l'effet réservoir et son évolution au cours du temps. Nous avons présenté ici la revue des mesures récemment publiées, qui s'appuient sur des référentiels de nature différente (coquilles, comptage des varves et céramiques). Ces données permettent aujourd'hui une bonne estimation du ΔR , de l'actuel à 8685 cal BC. Du présent à 4560 cal BC, le ΔR (210 ± 15 ans, $n = 12$) pour le nord-ouest de la mer d'Arabie est constant. Il est donc dorénavant possible de calibrer correctement les dates des biominéralisations marines et de les insérer dans les chronologies archéologiques. Au cours de l'Holocène, il varie de façon très importante jusqu'à atteindre 720 ans de 6475 à 7305 cal BC, puis diminue autour d'une valeur de 380 ans entre 7915 et 8685 cal BC.

Cette revue illustre toute l'importance et la difficulté des mesures croisées (sur la matière organique, la céramique, les coquilles marines et le comptage des lamines sédimentaires) pour l'élaboration d'une chronologie fiable des événements « culturels » telles les phases d'occupation humaine le long du littoral et « naturels » telles les fluctuations récurrentes du climat. Dans le nord-ouest de l'océan Indien, les fluctuations du régime des moussons ont entraîné des modifications considérables du milieu océanique au cours de l'Holocène et les remontées d'eau profonde liées aux phases d'augmentation des flux de la mousson d'été ont induit d'importantes variations de la teneur en carbone inorganique dissous utilisé par les organismes vivants pour la formation de leur coquille. La variabilité du climat au cours de l'Holocène est une donnée fondamentale à prendre en compte, pour comprendre l'homme et son histoire.

Tableau 2 : Bilan des ΔR de l'actuel à 8 685 cal BC dans le nord-ouest de la mer d'Arabie. L'effet réservoir a été publié sous la forme ΔR ou R . Lorsque R ou ΔR est suivi de son incertitude, il provient directement des publications, en revanche, précédé de $\sim$, il provient de nos calculs effectués par souci d'homogénéité.

Publications	Référentiel AD ou cal BC	ΔR ans	$R+\Delta R$ ans
SOUTHON <i>et al.</i> , 2002 DUTTA <i>et al.</i> , 2001	Collections de coquillage (n=8) : 1846-1953 AD	200 ± 20	~ 605
VON RAD <i>et al.</i> , 1999	Sédiments laminés (n=2) 1926 et 1898 AD	229 ± 27	~ 627
CHARPENTIER <i>et al.</i> , 2000	Céramique 2150 $\pm$ 50 cal BC (n=2)	235 ± 30	~ 635
UERPMMAN, 1991	Matière organique continentale (^{14}C) 3630 à 4570 cal BC (n=3)	$\sim 400^*$	800*
STAUBWASSER <i>et al.</i> , 2002	Sédiments laminés (n=12) 3550 à 4560 cal BC	~ 240	640 $\pm$ 120
STAUBWASSER <i>et al.</i> , 2002	Sédiments laminés (n=5) 4745 à 5525 cal BC	$\sim 425^{**}$	$\sim 825^{**}$
STAUBWASSER <i>et al.</i> , 2002	Sédiments laminés (n=10) 5525 à 6405 cal BC	~ 610	1010 -60/+140
STAUBWASSER <i>et al.</i> , 2002	Carotte de sédiments laminés (n=9) 6475 à 7305 cal BC	~ 720	1120 -70 /+110
STAUBWASSER <i>et al.</i> , 2002	Carotte de sédiments laminés (n=8) 7915 à 8685 cal BC	~ 380	780 -80/+20

* ΔR discordants par rapport à la cohérence des autres mesures ; ** STAUBWASSER *et al.* soulignent la grande dispersion de ces mesures.

Remerciements : Ce travail a été soutenu par le programme Climat et Environnement d'Arabie depuis le Dernier Maximum Glaciaire, implication pour les populations humaines (programme Eclipse du CNRS).

Jean-François SALIÈGE
LOCEAN
UMR 7159 CNRS / IRD / UPMC
Université Pierre et Marie Curie
4 Place Jussieu
F-75252 Paris Cedex 5
France
JFS@lodyc.jussieu.fr

Anne-Marie LÉZINE
LSCE UMR 1572
CNRS-CEA
Orme des Merisiers
F-91191 Gif-sur-Yvette
France
anne-marie.lezine@cea.fr

Serge CLEUZIQU
Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie
CNRS UMR 7041, Paris 10
21 Allée de l'Université
F-92023 Nanterre
France
serge.cleuziou@mae.u-paris10.fr

BIBLIOGRAPHIE

- BIAGI P.
1994 A radiocarbon chronology for the aceramic shell-middens of coastal Oman. *Arabian archaeology and epigraphy* 5 : 17-31.
- CHARPENTIER V., ANGELUCCI D., MÉRY S. et SALIÈGE J.F.
2000 Autour de la mangrove morte de Suwayh, l'habitat VI^e-V^e millénaires de Suwayh SWY-11, Sultanat d'Oman. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 30 : 69-85.
- CLEUZIQU S. and TOSI M.
1989 The southeastern Frontier of the Ancient Near East. In : FRIEDEL K. and SORESENSEN P. (eds), *South Asian Archaeology* 1985 : 15-47. London : Curzon press.
- DUTTA K., BHUSHAN K. and SOMAYAJULU B.L.K.
2001 ΔR correction values for the northern Indian ocean. *Radiocarbon* 43,2 : 483-488.
- FIEUX M., SCHOTT F. and SWALLOW J.C.
1986 Deep boundary currents in the western Indian Ocean revisited. *Deep-sea Res.* 33,4 : 415-426.
- GUPTA A.K., ANDERSON D.M. and OVERPECK J.T.
2003 Abrupt changes in the Asian southwest monsoon during the Holocene and their links to the north Atlantic Ocean. *Nature* 421 : 354-357.

- HUGHEN K.A., BAILLIE M.G.L., BAYLISS A., BECK J.W., BERTRAND C., BLACKWELL P., BUCK C.E., BURR G., CUTLER K.B., DAMON P.E., EDWARDS R.L., FAIRBANKS R.G., FRIEDRICH M., GILDERSON T.P., KROMER B., MCCORMAC F.G., MANNIN S., BRONK RAMSEY C., REIMER P.J., REIMER R.W., REMMELE S., SOUTHON J., STUIVER J.R., TALAMO S., TAYLOR F.W., VAN DER PLICHT J. and WEYHEMMEYER C.E.
2004 Marine data. *Radiocarbon* 46 : 1059-1086.
- LAMBECK K.
1996 Shoreline reconstruction for the Persian Gulf since the last glacial maximum. *Earth and Planetary Science Letters* 142 : 43-57.
- MÉRY S.
1991 Origine et production des récipients de terre cuite dans la péninsule d'Oman à l'âge du Bronze. *Paléorient* 17,2 : 51-78.
1996 Ceramics and patterns of exchange across the Arabian sea and the Persian gulf in the early Bronze age. In : AFANAS'E G., CLEUZIOW S., LUKACKS J.R. and TOSI M. (eds), *The Prehistory of Asia and Oceania*. Forli, 8-14 septembre, 1996, XIIIth International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences 16 : 167-179. Forli : ABACO.
- MÉRY S. and MARQUIS P.
1998 First campaign of excavation at Khor Bani Bu Ali SWY3 Sultanate of Oman. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 28 : 215-218.
- METHA V. and LAU K.-M.
1997 Influence of the solar irradiance on the Indian monsoon-ENSO relationship at decadal-multidecadal time scales. *Geophys. Res. Lett.* 24 : 159-162.
- PRELL W.L.
1984 Monsoonal climate of the Arabian Sea during the late Quaternary : a response to changing solar radiation. In : BERGER A., IMBRIE J. and HAYS J. (eds), *Milankovitch and climate*, Part 1 : 349-366. Dordrecht, Boston, Lancaster : D. Reidel Publishing Company.
- PRELL W.L. and MARVIL E.R.
1990 Variability in upwelling fields in the northwestern Indian Ocean. *Paleoceanography* 12,3 : 447-457.
- SCHULZ H., von RAD U. and ERLKENKEUSER H.
1998 Correlation between Arabian Sea and Greenland climate oscillations of the past 110000 years. *Nature* 393 : 54-57.
- SIROCKO F., SARTHIEU M., ERLKENKEUSER H., LANGE H., ARNOLD M. and DUPLESSY J.-C.
1993 Century-scale events in monsoonal climate over the past 24 000 years. *Nature* 364 : 322-324.
- SOUTHON J., KASHGARIAN M., FONTUGNE M., METIVIER B. and YIM W.
2002 Marine reservoir corrections for the Indian ocean and southeast Asia. *Radiocarbon* 44,1 : 167-180.
- STAUBWASSER M., SIROCKO F., GROOTES P. and ERLKENKEUSER H.
2002 South Asian monsoon climate change and radiocarbon in the Arabian Sea during early and middle Holocene. *Paleoceanography* 17,4 : 1063.
- STUIVER M. and POLACH H.A.
1977 Discussion reporting of ^{14}C data. *Radiocarbon* 19,3 : 355-363.
- STUIVER M. and BRAZIUNAS T.
1993 Modeling atmospheric influences and ^{14}C ages of marine samples to 10 000 BC. *Radiocarbon* 35,1 : 137-189.
- STUIVER M., REIMER P.J. and BRAZIUNAS T.F.
1998 High-precision radiocarbon age calibration for the terrestrial and marine samples. *Radiocarbon* 40,3 : 1127-1151.
- UERPMMANN H.-P.
1991 Radiocarbon dating of shell middens in the Sultanate of Oman. *PACT* 29 : 335-347.
- VON RAD U., SCHAFF M., MICHELS K.H., BERGER W.H. and SIROCKO F.
1999 A 5 000-yr record of climatic change in varved sediments from the oxygen minimum zone of Pakistan, northeastern Arabian sea. *Quaternary Research* 51 : 39-53.
- YOU Y.
1997 Seasonal variations of thermocline circulation and ventilation in the Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research* 102 : 10391-422.