



HAL
open science

Aminostratigraphie des formations littorales pléistocènes et holocènes de la région de Casablanca, Maroc

Serge Occhietti, Jean-Paul Raynal, Pierre Pichet

► To cite this version:

Serge Occhietti, Jean-Paul Raynal, Pierre Pichet. Aminostratigraphie des formations littorales pléistocènes et holocènes de la région de Casablanca, Maroc. Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire, 2002, 13 (1), pp.55-64. halshs-00004040

HAL Id: halshs-00004040

<https://shs.hal.science/halshs-00004040>

Submitted on 8 Jul 2005

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.

AMINOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS LITTORALES PLÉISTOCÈNES ET HOLOCÈNES DE LA RÉGION DE CASABLANCA, MAROC

■
Serge OCCHIETTI*, Jean-Paul RAYNAL**, Pierre PICHET*
et David LEFÈVRE***

RÉSUMÉ

Dans la région de Casablanca, le soulèvement régional et les conditions climatiques propices à la consolidation rapide des dépôts littoraux ont favorisé la préservation des paléorivages et de leurs faunes depuis au moins la fin du Miocène. L'espèce *Patella intermedia*, présente dans presque toutes les formations du Pléistocène moyen et supérieur, montre un taux de racémisation relativement rapide dans les conditions de température régionale, ce qui permet d'établir un cadre aminostratigraphique pour les côtes atlantique et méditerranéenne du Maroc jusqu'au stade isotopique 9. Les ratios D-Alle/L-Ile des acides aminés totaux associés à l'Holocène et au Soltanien (stades 2 à 4) étalonnent la partie linéaire de la courbe régionale d'épimérisation, ce qui ouvre des perspectives de datation pour les sites archéologiques du Pléistocène supérieur et de l'Holocène. Trois ensembles plus anciens se distinguent clairement : l'aminogroupe O (Ouljien) attribué au stade isotopique 5 (paléorivage entre 0 et 6 m), l'aminogroupe peu représenté de Bir Feghloul (paléorivage vers 8 m), attribué au stade 7, et l'aminogroupe OAJ (Oulad Aj Jmel, paléorivage entre 9 et 12 m) attribué au stade 9. Au-delà du stade 9, *Patella intermedia* subit une dégradation exprimée par une baisse marquée de la concentration des acides aminés et des ratios D-Alle/L-Ile dispersés. Ces deux caractéristiques permettent de distinguer un aminogroupe pré-OAJ.

Mots-clés : Acides aminés, Pléistocène, paléorivages, Maroc, *Patella*.

ABSTRACT

AMINOSTRATIGRAPHY OF PLEISTOCENE AND HOLOCENE LITTORAL DEPOSITS IN THE CASABLANCA REGION, MOROCCO

In the Casablanca region, the regional uplift and climatic conditions which favour rapid consolidation of littoral deposits have favored the preservation of ancient shorelines and their faunas, since at least the end of the Miocene. The species *Patella intermedia*, present in almost all Middle and Upper Pleistocene formations, exhibits a relatively rapid rate of epimerisation because of regional temperatures. This allows us to establish an aminostratigraphic framework for the Atlantic and Mediterranean coasts of Morocco up until isotopic stage 9. The D-Alle/L-Ile ratios of total amino acids associated with the Holocene and Soltanian (stages 2 to 4) deposits yield the linear portion of the regional epimerisation curve. This gives us an opening for dating Upper Pleistocene and Holocene archaeological sites. Three older groups can be clearly distinguished : aminogroup O (Ouljian) attributed to isotopic stage 5 (shoreline between 0 and 6 m), the infrequent Bir Feghloul aminogroup (shoreline near 8 m), attributed to stage 7, and aminogroup OAJ (Oulad Aj Jmel, shoreline between 9 et 12 m) attributed to stage 9. Beyond stage 9, *Patella intermedia* underwent a marked degradation expressed by a significant decrease in amino acid concentration and scattered D-Alle/L-Ile ratios. These two characteristics allow us to recognize a pre-OAJ aminogroup.

Key-words : Amino acids, Pleistocene, raised shorelines, Morocco, *Patella*.

INTRODUCTION

Les paléorivages de la région de Casablanca, au Maroc (fig. 1), réunissent les conditions favorables à l'enregistrement de stationnements marins depuis le Pliocène en raison du soulèvement régional et des conditions clima-

tiques propices à la consolidation rapide des dépôts littoraux. Les formations de la région de Casablanca ont, dans le passé, servi à définir les étages classiques du Quaternaire marocain (Biberson, 1958, 1961). Les travaux menés depuis 1978 dans le cadre des programmes mixtes d'archéologie préhistorique et de coopération

* GEOTOP, UQAM, CP 8888 Centre-ville, Montréal, QUÉBEC, Canada H3C 3P8. occhietti.serge@videotron.ca

** Université de Bordeaux 1, IPGQ, UMR CNRS 5808, avenue des Facultés, F33405 TALENCE Cedex. jpraynal@wanadoo.fr

*** Université de Montpellier 3, Département de Géographie et UMR CNRS 154, route de Mende, F34032 MONTPELLIER Cedex.

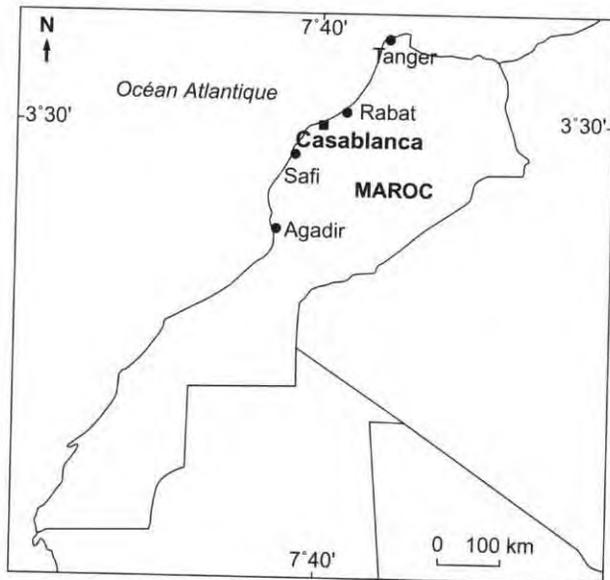


Fig. 1 : Localisation de la région d'étude.
Fig. 1 : Location map of the research area.

inter-universitaire ^(1,2), ont conduit à la révision du cadre stratigraphique classique et à l'établissement d'une nouvelle lithostratigraphie (fig. 2 et 3) (Texier *et al.*, 1994, 2002 ; Lefèvre *et al.*, 1994 ; Lefèvre et Raynal, 2002 ; Lefèvre, 2000).

Les unités des sites étudiés (échantillonnages en 1987, 1988, 1992) appartiennent principalement au domaine intertidal et supratidal (formations de plage et cordons dunaires associés), mais aussi au domaine continental (remplissages de grottes). De rares échantillons proviennent de collections muséologiques. La plupart des gisements sont situés dans les régions de Casablanca et de Rabat, mais des éléments complémentaires proviennent de Larache, de Tanger, du Cap Rhir et de la côte méditerranéenne.

Dans la région étudiée, les conditions thermiques moyennement élevées (en moyenne 18-19°C pour l'actuel)

sont à l'origine de taux de racémisation relativement rapides et favorables à la différenciation de plusieurs amino-groupes, à l'échelle du Pléistocène moyen et supérieur et de l'Holocène. Une première série de données avait ainsi permis de jeter les bases d'un cadre aminochronologique de la côte atlantique septentrionale du Maroc (Occhietti *et al.*, 1993).

MÉTHODOLOGIE

Mode d'échantillonnage

Nous n'avons pas pris d'échantillon sur des surfaces exposées au soleil, afin de limiter l'effet de surchauffage de la pellicule superficielle. L'identification des espèces peu courantes a été faite par Philippe Brébion, du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. Lors de la campagne de 1987, il est apparu que *Patella intermedia* était la seule espèce à distribution spatio-temporelle à peu près généralisée dans les unités littorales de la côte atlantique du Maroc. Cette espèce a une variabilité intraspécifique modérée et un taux d'épimérisation moyen, plus rapide que celui de *Patella vulgata*, espèce utilisée par Bowen *et al.* (1985) au Sud-Ouest de la Grande Bretagne.

Procédure analytique

Dans la mesure du possible, trois spécimens de la même espèce et de la même unité ont été analysés. La zone de prélèvement du fragment de coquille analysé est localisée près de l'apex des coquilles de *Patella* ou sur la surface bombée à proximité de la mâchoire des bivalves (*Ostrea*, *Mytilus* et *Glycymeris*). Nous avons ainsi limité la variabilité intra-spécimen déjà mise en évidence notamment par Hearty *et al.* (1986).

Toutes les analyses présentées dans cette étude ont été faites sans transfert de la solution de l'échantillon d'un vial à un autre. Ce protocole est conforme à la méthode utilisée aux laboratoires de l'INSTAAR (Boulder, Colorado) et de Cardiff (Grande-Bretagne) et tient compte des expérimentations de Miller (1982).

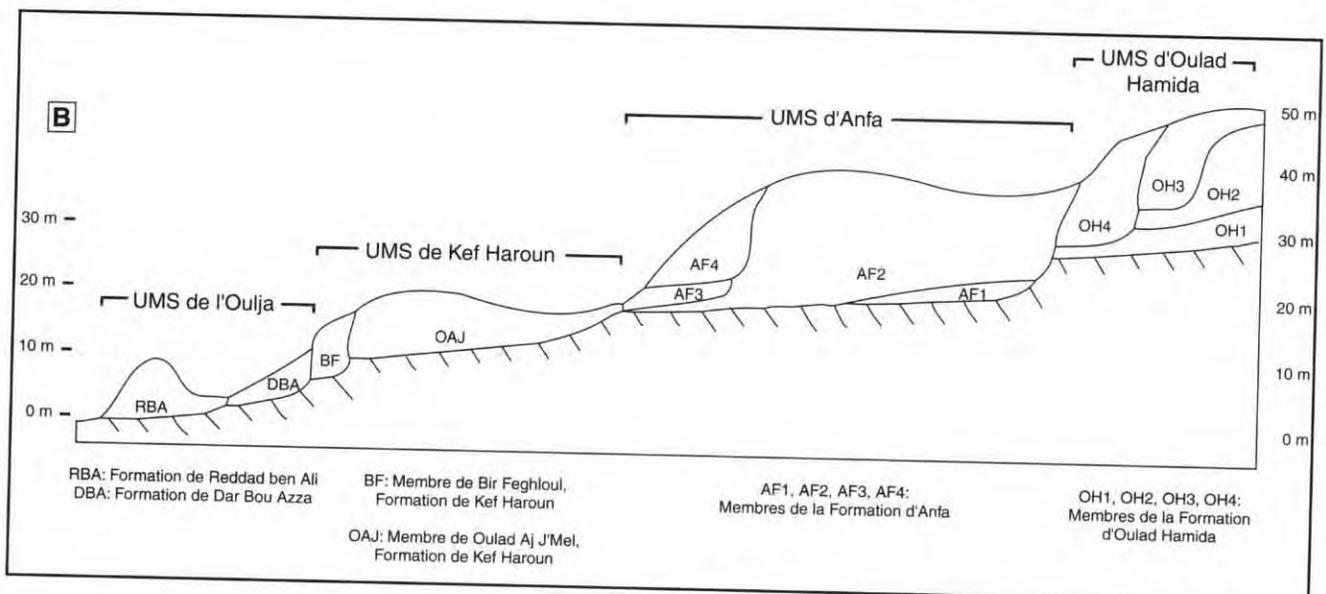


Fig. 2 : Les rapports stratigraphiques des différentes unités identifiées à Casablanca, du Pléistocène inférieur récent à l'Holocène.
Fig. 2 : Stratigraphic relationship of the different units identified at Casablanca, from upper Lower Pleistocene to Holocene.

	Lithostratigraphie		Facies I D C	Altitudes	Chronologie (1)	Stades isotopiques	Etages classiques redéfinis
HOLOCENE	Formation de REDDAD BEN ALI			0-2 m	3.7 à 3.5 ka BP Aminozone H 1 à 3 ka OSL	1	MELLAHIEN
PLEISTOCENE SUPERIEUR	Formation de DAR BOU AZZA	Membre de Lahlalfa			Aminozone S	4 to 2	SOLTANIEN
		Membre de Ain Roummana		0-4 m	125 Ka Aminozone O	5e	
PLEISTOCENE MOYEN	Formation de KEF EL HAROUN	Membre de Bir Feghloul		7-8 m	163 ± 33 ka OSL Aminozone BF	6 7	HAROUNIEN
		Membre de Oulad Aj Jmel			303 ± 30 ka OSL		
			9-13 m	Aminozone OAJ	9		
	Formation d'ANFA	Membre 4	D			367 ± 34 Ka OSL	
G ₂				20-24 m		11	
Membre 3				18-20 m		13	
Membre 2		H			> 0.4 Ma U/Th 492 ± 57 Ka OSL	15	
	J		17-20 m				
Membre 1	KL				17?		
	MNO		17-20 m				

Faciès : I, intertidal ; D, dunaire ; C, continental

(1) Lefèvre et Raynal, 2002 ; Texier et al, 2002 ; Rhodes et al (inédit)

Fig. 3 : Lithostratigraphie et chronologie de la séquence de Casablanca du Pléistocène inférieur final à l'Holocène.

Fig. 3 : Lithostratigraphy and relative chronology of the Casablanca sequence, from the upper Lower Pleistocene to the Holocene.

Les rapports D-alloisoleucine/L-isoleucine (D-AIle/L-Ile) sont mesurés à partir des surfaces des pics des chromatogrammes. D'après des mesures sur des standards, les valeurs des rapports de surfaces sont en moyenne inférieures de 5% aux valeurs des rapports des hauteurs des pics. Ce pourcentage nous permettra de comparer nos valeurs à celles d'autres auteurs.

Paramètres mesurés : rapports D-AIle/L-Ile, concentration des acides aminés totaux non basophiles et ratio Thréonine/Acide glutamique

Afin d'estimer la validité des rapports d'épimérisation d'échantillons dont le degré de dénaturation/fossilisation est du même ordre de grandeur, deux autres indicateurs moins précis sont mesurés en même temps que le ratio D-AIle/L-Ile : la concentration totale des acides aminés et le ratio Thréonine/Acide glutamique. La concentration totale se rapporte, pour des raisons opératoires, à la somme des concentrations des acides aminés acidophiles et neutres. La concentration totale des acides mesurés diminue normalement avec le temps, en raison de la dénaturation des protéines et de la destruction progressive des acides aminés. Cet indice sera par conséquent

très utile pour vérifier si des échantillons d'âge ou de position stratigraphique comparables ont subi les mêmes processus de fossilisation. Le ratio Thréonine/Acide glutamique (Thr/Glu) est également un indicateur de l'état de fossilisation. La thréonine a tendance à se transformer avec le temps, notamment en acide glutamique. Le ratio décroît donc normalement avec le temps, à l'inverse du ratio AIle/Ile. Les deux paramètres Th/Glu et concentration totale permettent de vérifier l'homogénéité d'un lot de spécimens de la même unité.

RÉSULTATS

Toutes les mesures obtenues ont été prises en compte, sauf dans les cas rares de problèmes de laboratoire. Pour les coquilles à remaniement anthropique d'El Mnasra, les moyennes ne sont pas calculées car non pertinentes. Au site de Punta Negri Sud, les mesures sur coquilles de *Patella*, échantillonnées délibérément en surface et donc soumises à une forte insolation, ont été mises à part.

Des essais sur les variations interspécifiques du genre *Patella*, entre *P. intermedia* et *P. safiana*, semblent indiquer un taux d'épimérisation légèrement plus lent pour *P.*

safiana. La différence semble toutefois peu constante et non significative ; pour cette raison, une seule moyenne a été calculée au Cap Rhir.

Les résultats obtenus montrent une excellente concordance entre les ratios moyens d'épimérisation de *Patella* et la position stratigraphique relative, sauf pour les groupes très anciens et les échantillons récents à faible enfouissement. Plusieurs aminogroupes peuvent être clairement distingués :

1 - L'aminogroupe holocène (Groupe H), caractérisé par un taux très rapide, une courbe linéaire et des valeurs variant de façon significative avec les âges ^{14}C (tab. 1).

2 - L'aminogroupe des stades isotopiques 4-3-2 (Groupe S), définis dans les dépôts des grottes et abris rapportés au Soltanien, caractérisé par une inflexion des taux de racémisation (tab. 2).

3 - L'aminogroupe attribué au stade isotopique 5 (Groupe O), défini dans les dépôts marins des hauts niveaux du dernier interglaciaire, entre 0 et + 6 m, et regroupées au Maroc dans l'étage Ouljien. Il est caractérisé par des ratios moyens d'épimérisation réguliers de l'ordre de 0,500 à 0,550 (tab. 3 et 4).

4 - Entre cet aminogroupe O et le groupe OAJ suivant déjà identifié (Occhietti *et al.*, 1993), il est probable qu'un groupe supplémentaire s'intercale, caractérisé par

des valeurs intermédiaires. Ce nouveau groupe n'est pour l'instant représenté que par un seul site, celui de Bir Feghloul, échantillonné à + 8 m (tab. 5).

5 - L'aminogroupe OAJ défini dans les dépôts marins du Membre d'Oulad Aj Jmel de la Formation de Kef Haroun, entre +9 à +12 m, caractérisé par la moyenne D-Alle/L-Ile = $0,950 \pm 0,107$ et une concentration moyenne des acides aminés supérieure à 3000 picomoles/mg, du même ordre de grandeur que celle du groupe O (tab. 5 et 6).

6 - L'aminogroupe composite pré-OAJ, défini à partir des dépôts marins des hauts niveaux de 20 m et plus, caractérisé par des ratios D-Alle/L-Ile très variables, de 0,381 à 1,306, et des concentrations totales inférieures à 1000 picomoles/mg sauf rares exceptions. Les unités les plus anciennes, du Pléistocène inférieur et du Pliocène supérieur, ont des concentrations très faibles et des ratios Thréonine/Acide glutamique plutôt régulièrement élevés (tab. 5 et 6).

INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

1 - SIGNIFICATION DU GROUPE AMINOCHRONOLOGIQUE HOLOCÈNE

Le Groupe aminochronologique holocène est limité, dans l'état de cette étude, à la Formation de Reddad Ben Ali (site de Dar Bou Azza ; tab. 1), datée de 3700-3500 BP

Site/Niveau Plage au N d' Agadir	Ech MPPFM	Age absolu	Réf Labo	Genre <i>Patella</i> <i>Patella</i> <i>Patella</i>	D-Alle/L-Ile 0,021 0,03 0,013	Moyenne	Ecart-type	NI
Rouazi à Skhirat	89-33	3507 ± 48	BP LY-6358	<i>Mytilus</i>		0,269	0,028	3
	89-33			<i>Patella</i>		0,153	0,020	3
	89-35	3572 ± 50	BP LY-6359	<i>Mytilus</i>		0,234	0,022	3
	89-35			<i>Patella</i>		0,139	0,009	2
	89-44	3720 ± 52	BP LY-6360	<i>Mytilus</i>		0,215	0,055	3
89-44	<i>Patella</i>			0,136		0,057	3	
89-44	<i>Thais</i>			0,127		0,017	3	
Dar Es Soltan I	87-7	4950 ± 150	BP UQ-1557	<i>Cardium</i>		0,183		
	87-7			<i>Patella</i>		0,133		
				<i>Patella</i>		0,107	0,021	15
El Kiffen		3560 ± 150	BP UQ-1872	<i>Mytilus</i>		0,153	0,043	3
				<i>Patella</i>		0,081	0,019	10
Dar Bou Azza		3350 ± 150	BP UQ-1873	<i>Monodonta</i>		0,113	0,020	6
				<i>Patella</i>		0,066	0,022	3
	9314			<i>Monodonta</i>		0,103	0,026	3
	9315			<i>Patella</i>		0,113	0,006	3
				<i>Monodonta</i>		0,132	0,040	3
	9316			<i>Patella</i>		0,097	0,014	3
				<i>Monodonta</i>		0,114	0,032	3
	9317			<i>Monodonta</i>		0,150	0,019	3
9330	3726 ± 60	BP Ly-6368	<i>Patella</i>		0,124	0,013	3	
9318			<i>Mytilus</i>		0,098	0,059	3	
			<i>Patella</i>		0,094			
			<i>Patella</i>		0,088			

Tab. 1 : Rapports d'épimérisation D-Alle/L-Ile des acides aminés totaux de différentes espèces de coquilles marines de l'Holocène, côte atlantique du Maroc.

Tab. 1 : D-Alle/L-Ile ratios (total hydrolysate) in Holocene various marine shell species, Atlantic coast of Morocco.

Site/Niveau	Ech UQA	Archéostratigraphie	Genre	D-Alle/L-Ile	Moyenne	Ecart-type	NI
EL MNASRA C2	1836	Epipal. sommet	<i>Purpurea</i>	0,000			
EL MNASRA C2	1837	Epipal. sommet	<i>Patella</i>	0,274			
EL MNASRA C2	1838	Epipal. sommet	<i>Patella</i>	0,334			
EL MNASRA 3 base	1834	Epipal. base ?	<i>Patella</i>	0,232			
EL MNASRA 3 base	1835	Epipal. base ?	<i>Purpurea</i>	0,000			
EL MNASRA 3 base	1839	Epipal. base ?	<i>Helix</i>	0,272	0,335	0,097	3
EL MNASRA 3 base	1840	Epipal. base ?	<i>Helix</i>	0,325			
EL MNASRA 3 base	1841	Epipal. base ?	<i>Helix</i>	0,409			
EL MNASRA C4	1842	Atérien	<i>Helix</i>	0,222			
EL MNASRA C4	1843	Atérien	<i>Helix</i>	0,309			
EL MNASRA C4	1844	Atérien	<i>Patella</i>	0,700	non pertinente		
EL MNASRA C4	1845	Atérien	<i>Patella</i>	0,244			
EL MNASRA C4	1846	Atérien	<i>Patella</i>	0,410			
EL MNASRA C5	1847	Atérien	<i>Purpurea</i>	0,203	0,245	0,051	3
EL MNASRA C5	1848	Atérien	<i>Purpurea</i>	0,257			
EL MNASRA C5	1849	Atérien	<i>Purpurea</i>	0,275			
EL MNASRA C6	1850	Atérien	<i>Patella</i>	0,293	0,282	0,018	3
EL MNASRA C6	1851	Atérien	<i>Patella</i>	0,286			
EL MNASRA C6	1852	Atérien	<i>Patella</i>	0,268			
EL MNASRA C6	1853	Atérien	<i>Purpurea</i>	0,279			
EL MNASRA C6	1854	Atérien	<i>Purpurea</i>	0,285			
EL MNASRA 350-370	2403	Atérien	<i>Patella</i>	0,534	non pertinente		
EL MNASRA 350-370	2404	Atérien	<i>Patella</i>	0,307			
EL MNASRA 350-370	2405	Atérien	<i>Patella</i>	0,168			
EL MNASRA 350-370	2406	Atérien	<i>Helix</i>	0,246	0,271	0,033	3
EL MNASRA 350-370	2407	Atérien	<i>Helix</i>	0,273			
EL MNASRA 350-370	2408	Atérien	<i>Helix</i>	0,293			
EL MNASRA 390-400	2409	Atérien	<i>Helix</i>	0,256	0,241	0,018	3
EL MNASRA 390-400	2410	Atérien	<i>Helix</i>	0,237			
EL MNASRA 390-400	2411	Atérien	<i>Helix</i>	0,231			

Tab. 2 : Rapports d'épimérisation D-Alle/L-Ile des acides aminés totaux de différentes espèces de coquilles marines et continentales du Soltanien (stades isotopiques 4 à 2), site de la grotte d'El Mnasra, côte atlantique du Maroc.

Tab. 2 : D-Alle/L-Ile ratios (total hydrolysate) in different Soltanian (isotopic stages 4 to 2) marine and continental shells from the El Mnasra cave, Atlantic coast of Morocco.

Région	Localité	<i>Patella</i> moyenne	écart-type	NI
ATLANTIQUE	Dar Bouazza (1)	0.543	0.068	7
	Larache (1)	0.533	0.125	3
	Dar Reddad Ben Ali (1)	0.519	0.099	3
	Sidi Bouzid (2)	0.51	0.05	6
	Cap Rhir (2)*	0.535	0.079	15
	Mouknari (2)	0.549	0.065	6
MÉDITERRANÉE	Punta Negri	0,493**	0,079	3
	Dcharana	0.549		1
	Al Hoceima (3)			
	Tunisie: Monastir (4)			
	Tunisie: Hergla (4)			
	Tunisie: Reijiche (4)			

**Patella intermedia* et *Patella intermedia*

** coquille exposée au soleil et exclue

Tab. 3 : Comparaison des rapports d'épimérisation D-Alle/L-Ile des acides aminés totaux de *Patella* sp., sites attribués à l'Ouljien (paléorivage de 0 à 6 m, stade isotopique 5) des côtes du Maroc et de Tunisie (Références : 1) Occhietti et al., 1993 ; 2) Weisrock et al., 1999 ; 3) Hearty et al., 1986 ; 4) Miller et al., 1986).

Tab. 3 : Comparison of the D-Alle/L-Ile ratios (total hydrolysate) in *Patella* sp. from sites attributed to the Ouljien (0 to 6 m shoreline, isotopic stage 5), coasts of Morocco and Tunisia. (References : 1) Occhietti et al., 1993 ; 2) Weisrock et al., 1999 ; 3) Hearty et al., 1986 ; 4) Miller et al., 1986).

Site/Niveau	N° UQA	Genre	D-Alle/L-Ile	Moyenne	Ecart-type	NI
Punta Negri S anse 3	973	<i>Patella</i>	0,591	0,493	0,079	3
Punta Negri S anse 2	969	<i>Patella</i>	0,413			
Punta Negri S entrée grotte	946	<i>Patella</i>	0,474			
Dcharana: lit de sable	981	<i>Patella</i>	0,549			
Punta Negri S anse 3	972	<i>Glycymeris</i>	0,504	0,403	0,081	4
Punta Negri S anse 2	966	<i>Glycymeris</i>	0,426			
Punta Negri S entrée grotte	963	<i>Glycymeris</i>	0,366			
Punta Negri S fond grotte	957	<i>Glycymeris</i>	0,316			
Dcharana: lit supérieur	956	<i>Glycymeris</i>	0,406	0,444	0,034	3
Dcharana: lit de sable	982	<i>Glycymeris</i>	0,457			
Dcharana: galets à la base	978	<i>Glycymeris</i>	0,470			

Tab. 4 : Comparaison des rapports d'épimérisation D-Alle/L-Ile des acides aminés totaux de *Patella intermedia* et de *Glycymeris* sp., sites attribués à l'Ouljien (paléorivage de 0 à 6 m, stade isotopique 5) de la côte méditerranéenne du Maroc.
 Tab. 4 : Mean D-Alle/L-Ile ratios (total hydrolysate) in *Patella intermedia* compared to mean D-Alle/L-Ile ratios in *Glycymeris* sp., from sites attributed to the Ouljien (0 to 6 m shoreline, isotopic stage 5).

Localité	Lithostratigraphie	Age estimé	UQA		<i>Patella</i>		acides aminés totaux		
			UQA	cc pmole/mg	Thr/Glu	D-Alle/L-Ile	moyenne	écart-type	NI
Dar Bou Azza	Formation de Dar Bou Azza, Membre de l'Ain Roumana	stade 5 = Ouljien		m=3879			0,543	0,068	7
Oulad Aj Jmel	Formation de Kef Haroun, Membre de Bir Feghloul	stade 7	2536	5750	0,235	0,720	0,758	0,0371876	4
			2537	3458	0,203	0,748			
			2538	6478	0,210	0,809			
			2539	3095	0,255	0,756			
Oulad Aj Jmel	Formation de Kef Haroun, Membre d'Oulad Aj Jmel	stade 9	1876	3111	0,098	0,893	0,950	0,1069513	8
			1877	3407	0,000	0,791			
			1878	1945	0,000	1,063			
			1880	4473	0,000	0,950			
			1878b	1890	0,121	0,933			
			1879b	3782	0,084	0,912			
			1880b	2497	0,034	1,110			
Sidi Abderrhamane	Formation d'Anfa, Membre 4, unité G2, Grotte des Ours	stade 11	724	936	0,217	0,661	0,670	0,1940414	
			2386	862	0,350	0,818			
			2389	625	0,041	0,440			
			2390	3356	0,032	1,135			
			2391	639	0,184	0,756			
			2392	1014	0,235	0,745			
			2393	670	0,114	0,555			
			2396	651	0,121	0,712			
			2397	1096	0,182	0,693			
			2398	775	0,369	0,685			
			2399	1223	0,157	0,402			
			2400	578	0,216	0,503			
			2401	779	0,150	0,453			
			2402	647	0,064	0,821			
			2389b	653	0,082	0,851			
			2390b	2650	0,025	1,225			
			2391b	659	0,127	0,774			
			Sidi Abderrhamane	Formation d'Anfa, Membre 4, unité G2, Cap Chatelier	stade 11	876b			
2449	741	0,371				0,699			
2450	2183	0,073				0,920			
2451	217	0,230				0,468			
726	1112	0,123				0,651			
Al Louizia		Pleistocène moyen récent	1053	699	0,099	0,867			
Ain Harrouda		Pleistocène moyen récent	1054	628	0,122	0,458			
Sidi Abderrhamane	Formation d'Anfa, Membre 2, unité J, Grande Exploitation	stade 15	882	1229	0,102	0,992			
			887	306	0,117	0,549			
			1007	983	0,183	1,004			
			1008	2196	0,000	1,306			
			722	370	0,297	0,786			
Oulad Hamida	Formation d'Oulad Hamida, Membre 3	Pleistocène inférieur final ?	1022	499	0,124	0,500			
Gandour Ben Habib		Pleistocène inférieur	891	361	0,304	1,491			
			1009	265	0,267	0,381			
			1010	430	0,280	0,579			
			1011	530	0,000	0,830			
Bouchaib Ben Caia		Pleistocène inférieur	1025	251	0,298	0,706			
			1025	502	0,329	0,323			
			723	112	0,526	0,614			

Tab. 5 : Rapports d'épimérisation D-Alle/L-Ile des acides aminés totaux du genre *Patella*, formations de l'Ouljien et plus anciennes, région de Casablanca.

Tab. 5 : D-Alle/L-Ile ratios (total hydrolysate) in *Patella* sp., from Ouljien and pre-Ouljien formations, Casablanca region.

Localité	Lithostratigraphie	UQA <i>Purpurea</i> cc pmole/g			UQA <i>Littorina</i>		UQA <i>Nucella</i>		UQA <i>Mytilus</i>		UQA <i>Ostrea</i>	
Oulad Aj Mel	Formation de Kef Haroun, Membre d'Oulad Aj Jmel								1873	1,152		
									1874	1,234		
									1875	1,367		
Ain Diab									1018	1,21		
Sidi Abderrhamane	Formation d'Anfa, Membre 4, unité G2, Cap Chatelier	878	1,047	302	893	1,158	894	1,295				
	Formation d'Anfa, Membre 2, unité J, Grande Exploitation	885	1,213	508	880	1,181	881	1,14				
					883	1,186						
					886	1,084						
	Formation d'Anfa, Membre 2, STIC				893	1,158	894	1,295				
Carrière Thomas	Formation d'Oulad Hamida, Membre 3								1020	1,189	1019	1,269
									1021	1,136		
Carrière Khaddad	Unité morphostratigraphique de Gandour Ben Habib				890	1,118	888	1,372				
Carrière Moulay	Unité morphostratigraphique de Dar Bou Chaib Ben Caïa	1027	0,823	387								
		1028	1,044	474								
Sidi Messaoud	Unité morphostratigraphique de Sidi Messaoud	1050	0,606	173								

Tab. 6 : Rapports d'épimérisation D-Alle/L-Ile des acides aminés totaux de différentes espèces de coquilles marines, formations plus anciennes que l'Ouljien, région de Casablanca.

Tab. 6 : D-Alle/L-Ile ratios (total hydrolysate) in various marine shells from pre-Ouljien formations, Casablanca region.

(Lefèvre *et al.*, 1994), et de ses équivalents chronologiques aux sites en plein air de Skhirat et d'El Kiffen et de la grotte de Dar Es Soltan I. Un échantillon de Skhirat, âgé de 4950 ± 150 BP (UQ - 1157, âge en années ^{14}C calculé avec $\delta^{13}\text{C} = 0$ ‰), provient de la base d'un cordon dunaire antérieur à la Formation de Reddad Ben Ali.

L'Holocène est donc loin d'être représenté au complet. Les ratios d'épimérisation montrent des variations intergenres significatives : à Dar Es Soltan, comparés au taux de *Patella*, le taux de *Monodonta* est plus rapide d'environ 20 % et celui de *Mytilus* d'environ 50 % (tab. 1).

Pour un âge de 3500 BP environ, les ratios D-Alle/L-Ile de *Patella* oscillent autour de $0,100 \pm 0,020$ aux sites de El Kiffen, Dar Bou Azza et dans la grotte de Dar Es Soltan (tab. 1). Sans raison apparente, ils sont nettement plus forts à Skhirat avec une valeur moyenne de $0,147 \pm 0,017$. Dans ce site, par ailleurs, les ratios varient inversement à l'ordre chronologique (tab. 1). Les ratios de *Mytilus* sont également le double de ceux des trois premiers sites. De ces résultats, on peut conclure que :

a) les taux holocènes au Maroc sont très rapides puisque *Patella* atteint en 3500 ans le ratio moyen de *Patella vulgata* du dernier interglaciaire (stade 5) en Grande Bretagne (Bowen *et al.*, 1985) ;

b) le faible échantillonnage analysé semble indiquer, à âge ^{14}C égal, une relative homogénéité des ratios d'un groupe de sites mais, également, des ratios beaucoup plus élevés localement, sans relation directe ni avec la latitude ni avec des conditions de fossilisation particulières. Les ratios plus élevés pourraient être attribués à une plus longue exposition au soleil des coquilles avant leur enfouissement ;

c) la variabilité des ratios d'épimérisation à âge ^{14}C égal dans l'Holocène du Maroc indique que les taux de racémisation peuvent être hétérogènes dès le début de la fossilisation. Comme ces variations se répercutent au cours du temps, les ratios des unités plus anciennes

risquent d'être également peu homogènes ; cette variabilité s'étend vraisemblablement à l'Holocène des latitudes moyennement basses ;

d) l'aminogroupe holocène du Maroc est incomplètement connu : les données sur l'Holocène inférieur et l'Holocène très récent manquent pour l'instant. En raison de la rapidité de l'épimérisation, il est possible que des aminozones puissent être distinguées au sein du groupe H et qu'une échelle aminostratigraphique relative puisse être établie par groupes de sites, comme cela a pu être fait en Nouvelle-Guinée et au nord-ouest de l'Australie (Hearty et Aharon, 1988). Les sites en plein air auront normalement des ratios supérieurs à ceux des grottes.

2 - AMINOGRUPE DU SOLTANIEN

L'aminogroupe S intègre les ratios de racémisation de toutes les unités marines et continentales des stades isotopiques 4 à 2 (tab. 2). Il repose actuellement sur très peu de données. Une première ébauche de séquence aminochronologique continentale a déjà été établie dans la vallée du Souss (Bhiry *et al.*, 1991 ; Occhietti *et al.*, 1994) à partir des gastéropodes continentaux *Helix* et *Rumina*. Dans la région de Casablanca, les coquilles marines attribuables à ce groupe ont été prélevées exclusivement dans des grottes (Dar Es Soltan I et II, El Mnasra), où les coquilles de *Patella*, de *Mytilus* et de *Purpurea* proviennent soit d'une sédimentation naturelle soit d'apports anthropiques. Les ratios moyens D-Alle/L-Ile de *Patella*, de $0,229 \pm 0,022$ à $0,369 \pm 0,020$ (tab. 2), sont intermédiaires entre ceux de l'Holocène (tab. 1) et ceux de l'Ouljien (tab. 3 et 4). Un âge ^{14}C de $37\,220 \pm 290$ (TO - 2045) est associé à un ratio de $0,229 \pm 0,022$ pour *Patella* et à un ratio de $0,376 \pm 0,017$ pour *Mytilus*. Ces valeurs montrent que l'aminogroupe S est situé dans la deuxième partie de la section linéaire de la courbe d'épimérisation, avec des taux plus modérés que dans la première partie.

Les grottes représentent un meilleur milieu de préservation que les sites en plein air : l'homogénéité thermique et la faible percolation d'eau sont probablement à l'origine de taux de racémisation plus modérés. Toutefois, l'occupation anthropique de ces grottes peut être à l'origine du mélange des couches. La grotte d'El Mnasra illustre très bien ce cas : sur un fond de taux d'épimérisation relativement homogène des gastéropodes continentaux *Helix*, les ratios de *Patella* montrent des valeurs extrêmement dispersées (tab. 2), allant de 0,168 à 0,700. Une telle variabilité n'a jamais été observée au sein d'une même unité naturelle et *a fortiori* au sein d'un même lit. Cette variabilité peut-être attribuée à deux processus anthropiques, d'une part l'apport dans la grotte de cueillettes alimentaires contemporaines à l'occupation et de coquilles ramassées sur le sol (en l'occurrence, les paléorivages de l'Ouljien) et, d'autre part, le mélange de couches lors du creusement de fosses pour inhumation ou enfouissement. L'aminogroupe S est jusqu'à présent insuffisamment étalonné pour attribuer des âges absolus aux ratios d'épimérisation de *Patella* compris entre 0,2 et 0,5.

3 - AMINOGROUPE DU DERNIER INTERGLACIAIRE

L'aminogroupe O rassemble les unités associées au haut niveau marin compris entre 0 et + 6 m et attribué au dernier interglaciaire au sens large (stade isotopique 5), l'Ouljien, représenté à Casablanca par le Membre de l'Aïn Roummana de la Formation de Dar Bou Azza (fig. 2 et 3). Les ratios d'épimérisation moyens de *Patella* de Dar Bou Azza et de divers autres sites (tab. 3) échantillonnés sur la côte atlantique, entre Larache et le Cap Rhir, sont relativement homogènes, entre 0,510 et 0,549. Ils sont directement comparables (faible différence de température moyenne) et très proches de ceux obtenus sur la côte Méditerranéenne dans des sites à l'ouest de la ville de Nador (tab. 4), associés au même haut niveau marin (Barathon *et al.*, 1988). Au site de Punta Negri Sud, la faune marine comprend un mélange de *Patella intermedia* et de *Glycymeris*. Ceci permet un étalonnage des ratios de la côte atlantique par rapport à la Méditerranée. *Patella intermedia* a un taux moyen d'épimérisation légèrement plus rapide, de l'ordre de 1,12 fois celui de *Glycymeris* (tab. 4). Les ratios normalisés de la côte atlantique (ratios de *Patella* x 0,89) ont des valeurs très proches des ratios de l'aminozone E enregistrés à El Hoceima au Maroc, par Hearty *et al.* (1986) et en Tunisie (Miller *et al.*, 1986), dans des conditions de température moyenne actuelle peu différentes. La Formation de Dar Bou Azza et les unités des autres sites attribuées à l'Ouljien sont donc du même âge que celles du bassin méditerranéen, notamment de la Formation de Reijiche de Tunisie. Si l'on accepte les interprétations de la Méditerranée, la Formation de Dar Bou Azza et les unités en corrélation enregistrent le haut niveau marin du 5e. Étant donné que les hauts niveaux relatifs des sous-stades isotopiques 5c et 5a, respectivement vers - 15 et - 13 m d'après Shackleton et Matthews (1977), n'ont pas été distingués jusqu'à présent au Maroc atlantique et sont peut-

être confondus avec celui du 5e, il semble préférable de maintenir le terme d'aminogroupe O, jusqu'à la mise en évidence éventuelle d'aminozones distinctes. Ce groupe représente un excellent repère chronologique sur la côte atlantique, indépendant de l'altitude relative des sites.

4 et 5 - LES AMINOGROUPES BF ET OAJ

L'aminozone OAJ caractérise le Membre d'Oulad Aj Jmel identifiée au sein de la Formation de Kef Haroun (fig. 2 et 3), représentatif des hauts niveaux marins identifiés vers + 9 à +12 m à Casablanca. Dans l'étude antérieure déjà citée (Occhietti *et al.*, 1993), le groupe OAJ émergeait nettement de l'ensemble des rapports mesurés avec un ratio d'épimérisation moyen de D-Alle/L-Ile = $0,842 \pm 0,208$ à Oulad Aj Jmel. Plusieurs vérifications de laboratoire nous amènent à augmenter ce ratio à D-Alle/L-Ile = $0,959 \pm 0,107$ (tab. 5). L'aminozone est caractérisée par ce ratio relativement élevé et une concentration des acides aminés de l'ordre de 3000 picomoles/mg, du même ordre de grandeur que celle de l'Aminogroupe O de l'Ouljien. Pour cette raison, nous estimons que l'aminozone OAJ est significative du point de vue aminochronologique. L'identification de cette zone est renforcée, de façon préliminaire, par les ratios de concentration obtenus dans des sites de la côte méditerranéenne (Punta Negri Nord et Sud), et sur le site classique d'Agadir où Brébion *et al.* (1984) ont défini l'Agadirien, dans une unité de paléorivage à +20 m décrite antérieurement par Lecointre (1952).

Le ratio de racémisation de $0,959 \pm 0,107$ attribué à cette zone pose le problème de l'âge du haut stationnement marin. Étant donné que les valeurs sont au-delà de la partie linéaire de la courbe, l'écart entre les aminogroupes O et OAJ est chronologiquement long. En se référant à cet écart, nous avons tendance à privilégier une corrélation avec le haut niveau marin associé au stade isotopique 9. Cette interprétation pose le problème relatif à beaucoup de successions littorales, celui de la présence ou non du stationnement marin associé au stade isotopique 7.

Les coquilles du site fossilifère découvert à 8 m d'altitude, à Bir Feghloul, en position topographique régionale intermédiaire entre les stationnements de 0-6 m et de 9-12 m présentent un ratio d'épimérisation moyen de $0,758 \pm 0,037$, intermédiaire entre celui de l'Ouljien (D-Alle/L-Ile de 0,490 à 0,550) et du groupe OAJ (D-Alle/L-Ile de $0,959 \pm 0,107$) (tab. 5). Par ailleurs, la concentration des acides aminés et les rapports Thréonine/Acide glutamique sont nettement plus élevés que ceux du groupe OAJ. Le nouveau site de Bir Feghloul oblige à réviser complètement l'interprétation chronologique de l'Harounien qui n'est plus le seul stationnement marin intercalé entre l'Ouljien et l'Anfatien et qui, par conséquent, doit être placé en corrélation avec le stade isotopique 9. Le groupe de Bir Feghloul représenterait le stationnement marin associé au stade isotopique 7.

Dans le contexte de tectonique régionale apparemment stable et compte-tenu du paléo-niveau eustatique plus bas que l'actuel pendant le stade isotopique 7, l'empreinte et les témoins du stationnement marin 7 sont potentielle-

ment rares et ont probablement été retouchés par les processus morphosédimentaires contemporains de l'Ouljien. À Mallorca, Hearty (1987) signale la présence d'éléments pré-5e à marée basse ou sous le niveau de la mer. Ces reconstitutions géométriques sont en faveur de l'attribution au stade isotopique 9 du stationnement marin identifié entre 9 et 12 m d'altitude. La falaise bien marquée de l'Oulja attribuée à l'Ouljien est probablement le résultat de deux phases érosives contemporaines des stades isotopiques 7 et 5. Jusqu'à présent, en dehors du site de Bir Feghloul, aucun témoin du stationnement du stade 7 n'a été identifié sur la côte atlantique du Maroc.

5 - L'AMINOGROUPE ANCIEN (PRE-OAJ)

L'aminogroupe des unités plus anciennes que celles du stationnement marin +8 et +12 m de Casablanca ou aminogroupe ancien est composite (tab. 5 et 6). Il rassemble, dans l'état des travaux, des unités allant d'un stationnement intermédiaire du Pléistocène moyen (stationnement du stade isotopique 11) au Pliocène supérieur. Cet aminogroupe est caractérisé, pour *Patella*, par des concentrations des acides aminés faibles à très faibles, sauf exception, et des ratios D-Alle/L-Ile très variables, de 0,381 à 1,491. Lorsque les concentrations sont les plus fortes, les ratios D-Alle/L-Ile sont proches de 1,3, ce qui représente le ratio d'équilibre racémique que l'on s'attend théoriquement à obtenir pour *Patella*. Lorsque les concentrations sont faibles, au-dessous de 1000 picomoles/mg, les ratios d'épimérisation mesurés deviennent aberrants par rapport à l'âge réel. Les genres *Purpurea*, *Nucella*, *Mytilus* et *Ostrea* sont caractérisés par des concentrations faibles et des ratios D-Alle/L-Ile supérieurs à 1, sauf pour les unités les plus anciennes de Sidi Messaoud. Ces différences intergéniques du mode de dénaturation et d'épimérisation sont attribuées au processus de destruction préférentielle des acides aminés libres qui entraîne un abaissement visible des ratios d'épimérisation D-Alle/L-Ile des acides aminés résiduels (Murray-Wallace, 1993). Il semblerait que dans les conditions de fossilisation des littoraux du Maroc, les acides aminés de *Patella* subissent une destruction accélérée au-dessous d'une certaine concentration, tandis que d'autres espèces, par exemple *Glycymeris* (Hearty *et al.*, 1986), maintiennent les acides aminés dans leur structure, indépendamment de leur concentration, pendant un laps de temps beaucoup plus long. Les résultats obtenus ne permettent pas de différencier une ou des aminozones distinctes dans ce groupe. L'aminogroupe ancien se distingue cependant sans équivoque des aminogroupes plus récents si l'on tient compte des concentrations.

CONCLUSION

La succession de paléorivages de la région de Casablanca est exceptionnelle par le nombre de stationnements marins enregistrés et par la richesse faunistique et archéologique du matériel fossilisé dans les anciennes unités morphologiques et sédimentaires de marge marine. La préservation de ces témoins est le résultat de la conjonction d'un taux modéré de soulèvement tectonique

sous des conditions paléoclimatiques très favorables à la fossilisation rapide des paléorivages.

Le genre *Patella*, à vitesse de racémisation moyenne, se révèle un fossile utile au Maroc, jusqu'au stade isotopique 9 (âge présumé du groupe OAJ). Au-delà, il subit une dégradation avec chute de la concentration des acides aminés qui s'accompagne de ratios d'épimérisation dispersés et sans valeur chronologique. Cette étude a cependant mis en évidence l'utilité de tenir compte des concentrations et, dans certains cas, du ratio Thréonine/Acide glutamique qui tendent normalement à diminuer avec l'âge.

L'aminochronologie appliquée aux coquilles fossiles permet de distinguer en chronologie relative les hauts stationnements marins corrélatifs des stades isotopiques 5, 7 et 9.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs vifs remerciements au laboratoire ISO-TRACE de l'Université de Toronto, à Mohamed Aberkan pour l'introduction aux coupes de Larache et Sidi Moussa, à Aziz Ballouche, Jean-Pierre Dugas, André Debénath, Abdeljelil El Hajraoui et Fatima-Zora Sbihi-Alaoui qui ont facilité l'accès aux collections et sites archéologiques et participé aux échantillonnages. Les missions de terrain, financées par le Ministère des Affaires Etrangères français, la région Aquitaine et le CRSNG du Canada, ont été facilitées par le Ministère des Affaires Culturelles du Royaume du Maroc et le Service Culturel, Scientifique et de Coopération de l'Ambassade de France à Rabat. Les auteurs remercient également D. Bowen, de l'Université de Cardiff, Grande-Bretagne, et M. Fontugne, du CEA-CNRS, Gif-sur-Yvette, dont les commentaires ont favorisé l'amélioration du manuscrit.

(1) Travaux franco-marocains de la Mission préhistorique et paléontologique française au Maroc «Littoral» (Ministère des Affaires Etrangères) et de l'Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine du Royaume du Maroc, dans le cadre de la Convention relative aux recherches archéologiques et anthropologiques du 19 janvier 1971, révisée en décembre 1979.

(2) Autorisation de publier n° 03/11-02 du 20 novembre 2001.

RÉFÉRENCES

- BARATHON, J.-J., DELIBRIAS, G. et WEISROCK, A., 1988** - Premières datations du Pléistocène supérieur et de l'Holocène sur le littoral du Rif oriental (Maroc) et interprétations morphoclimatiques. *Méditerranée*, No 1, 53-57.
- BIBERSON, P., 1958** - Essai de classification du Quaternaire marin du Maroc atlantique. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 4, 67-70.
- BIBERSON, P., 1961** - *Le cadre paléogéographique de la Préhistoire du Maroc atlantique et Le Paléolithique inférieur du Maroc atlantique*. Publications du Service des Antiquités du Maroc, Rabat, fasc. 16, 235 p., fasc. 17, 544 p.
- BHIRY, N., ROGNON, P. et OCCHIETTI, S., 1991** - Origine et diagenèse des sédiments quaternaires de la vallée moyenne du Souss, Maroc. *Sciences géologiques*, 84, 2, 139-148.
- BOWEN, D.Q., SYKES, G.A., REEVES, A., MILLER, G.H., BREW, J.S. et HARE, P.E., 1985** - Amino acid geochronology of raised beaches in south west Britain. *Quaternary Science Reviews*, vol. 4, 279-318.
- BRÉBION, P., HOANG, C.T. et WEISROCK, A., 1984** - Intérêt des coupes d'Agadir-Port pour l'étude du Pléistocène supérieur marin du Maroc. *Bulletin du Musée national d'Histoire naturelle*, Paris, 4^e série, 6, 129-151.
- GERAADS, D., 2002** - Quaternary Mammalian Biostratigraphy of Atlantic Morocco, *Quaternaire*, sous presse.
- HEARTY, P.J., 1987** - New data on the Pleistocene of Mallorca. *Quaternary Science Reviews*, vol. 6, 245-257.

- HEARTY, P.J. & AHARON, P., 1988** - Amino acid chronostratigraphy of late Quaternary coral reefs ; Huon Peninsula, New Guinea, and the Great Barrier Reef, Australia. *Geology*, vol. 16, 579-583, July, 1988.
- HEARTY, P.J., MILLER, G.H., STEARNS, C.E. et SZABO, B.J., 1986** - Aminostratigraphy of Quaternary Shorelines in the Mediterranean Basin. *Geological Society of America*. Bull. 97, 850-858.
- LECOINTRE, G., 1952** - *Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc*, Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, n° 99, t. I, 198 p., t. II, 173 p.
- LEFEVRE, D., TEXIER, J.P., RAYNAL, J.P., OCCHIETTI, S. et EVIN, J., 1994** - Enregistrements-réponses des variations climatiques du Pléistocène supérieur et de l'Holocène sur le littoral de Casablanca (Maroc). *Quaternaire*, 5, (3-4), 173-180.
- LEFEVRE, D., 2000** - *Du continent à l'océan. Morphostratigraphie et paléogéographie du Quaternaire du Maroc atlantique. IIe partie : le modèle casablançais*. Thèse d'Habilitation à diriger des recherches, vol. 3, p. 100 à 308, 47 fig., 2 tab., Université de Montpellier III.
- LEFEVRE, D. et RAYNAL, J.P., 2002** - Les formations plio-pléistocènes de Casablanca et la chronostratigraphie du Quaternaire marin du Maroc revisitées. *Quaternaire*, sous presse.
- MILLER, G.H., 1982** - *Amino Acid Geochronology Laboratory, January 1981 through May 1982. Report of Current Activities*. Institute of Arctic and Alpine Research and Department of Geological Sciences University of Colorado.
- MILLER, G.H., PASKOFF, R. et STEARNS, C.E., 1986** - Amino Acid Geochronology of Pleistocene Littoral Deposit in Tunisia. *Zeitschrift für Geomorphologie*. N.F., Suppl.-Bd. 62, 197-207.
- MURRAY-WALLACE, C.V., 1993** - A review of the application of the amino acid racemisation reaction to archaeological dating. *The Artefact*, vol. 16, 19-26.
- OCCHIETTI, S., RAYNAL, J.P., PICHET, P. et TEXIER, J.P., 1993** - Aminostratigraphie du dernier cycle climatique au Maroc atlantique, de Casablanca à Tanger. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 317, série II, 1625-1632.
- OCCHIETTI, S., BHIRY, N., ROGNON, P. et PICHET, P., 1994** - Stratigraphie et aminochronologie des formations quaternaires de la vallée moyenne du Souss (Maroc). *Quaternaire*, 5 (1), 23-34.
- SHACKLETON, N.J. et MATTHEWS, R.K., 1977** - Oxygen isotope stratigraphy of late Pleistocene coral terraces in Barbados. *Nature*, 268, 618-619.
- TEXIER, J.P., LEFEVRE, D. et RAYNAL, J.P., 1994** - Contribution pour un nouveau cadre stratigraphique des formations littorales quaternaires de la région de Casablanca. *C. R. Acad. Sci. Paris*, série II, t. 318, n°9, 1247-1253.
- TEXIER, J.P., LEFEVRE, D., RAYNAL, J.P. & EL GRAOUI, M., 2002** - Lithostratigraphy of the littoral deposits of the last one million years in the Casablanca region (Morocco), *Quaternaire*, sous presse.
- WEISROCK, A., OCCHIETTI, S., HOANG, C.T., LAURIAT-RAGE, A., BREBION, P. et PICHET, P., 1999** - Les séquences littorales pléistocènes de l'Atlas atlantique entre Cap Rhir et Agadir, Maroc. *Quaternaire*, 10, 2-3, 227-244.