

Georges Choubert

Rabat

QUATERNAIRE DU MAROC *

INTRODUCTION

Monsieur R. Raynal m'a fait le grand honneur de me demander d'ouvrir les travaux de la Réunion de la Commission de Géomorphologie du Périglaciaire par un exposé général de la géologie du Pleistocène au Maroc. Le but de cette communication est de familiariser les membres de la Commission avec la nomenclature du Quaternaire en usage au Maroc et de situer tous ces noms locaux dans le cadre chronologique général. En effet l'ensemble de ces termes, dont plusieurs sont de création récente, et par conséquent encore peu connus, vont être utilisés couramment dans les communications et discussions qui auront lieu au cours de ce colloque.

Cet exposé qui s'inspire de l'essai de synthèse du Quaternaire marocain que j'ai présenté au V Congrès INQUA (Madrid et Barcelone 1957), tiendra compte des nouvelles découvertes faites au cours de ces deux dernières années. En effet celles-ci sont multiples et apportent souvent des précisions et parfois des modifications ou des réajustements pour certains points de cette synthèse qui, dans ses grandes lignes, semble être encore valable (voir tabl. II et III).

Dans les pages qui suivront nous ne reproduirons pas l'ensemble de l'exposé. Pour la synthèse elle-même, nous renverrons le lecteur à notre note intitulée „Essai de corrélation des formations continentales et marines du Pleistocène au Maroc” qui doit paraître incessamment dans les *Actes du V Congrès INQUA*¹. Nous ne donnerons ici qu'un rapide résumé des nouvelles découvertes ayant trait à l'âge des „étages” successifs du Quaternaire et à leurs rapports mutuels.

Par contre nous ne discuterons pas les problèmes concernant l'évolution des climats, ni les faciès des formations continentales successives, telles que limons rouges, les croûtes, les glacis et les nappes d'épandage, les regs et les terrasses. Car d'une part ces problèmes seront traités par mes ca-

* Complements à la note intitulée: „Essai de corrélation des formations continentales et marines du Pléistocène au Maroc” présentée au V Congrès INQUA, Madrid—Barcelone 1957.

¹ Des copies de cette note ont été distribuées aux participants de la Réunion.

marades au cours des séances et excursions, d'autre part il sera préférable, à mon sens, de reprendre ces questions après le colloque, en tenant compte de ses résultats et conclusions, car, somme toute, son but principal est précisément de répondre à ces questions.

L'AGE DE L'EPIPALEOLITHIQUE AU MAROC DETERMINE PAR LA METHODE DU C¹⁴

L'Abbé J. Roche qui, à la suite du regretté A. Ruhlmann, a repris et conduit à bien les fouilles de la grotte de Taforalt (Massif des Beni Snassene, dans la région d'Oujda), a fait déterminer par la méthode du C¹⁴ l'âge des charbons provenant des différents niveaux.

Le remplissage de cette grotte se compose de deux formations: 1. à la partie inférieure, des limons argileux contenant de l'Atérien, 2. au-dessus, des niveaux à cendres, où J. Roche a pu distinguer dix niveaux épipaléolithiques (Ibéro-Maurusien, etc.) emboîtés les uns dans les autres. Les charbons étudiés proviennent de cette partie supérieure du remplissage.

En 1958, ont été publiés trois chiffres (dont le troisième semble aberrant) établis par le Centre d'études nucléaires de Saclay (J. Roche 1958):

Niveau II	10 800 ±400 ans
Niveau VI	12 070 ±400 ans
Niveau VIII	10 500 ±400 ans

Une nouvelle mesure a été effectuée par le Lamont Geological Observatory de l'Université de Columbia (U.S.A.) et publiée en 1959 (J. Roche 1959). Elle a donné: 11 900 ±240 ans.

Ce dernier charbon provient du niveau supérieur d'une cavité marginale, attenante à la même grotte qui a servi de nécropole aux habitants de celle-ci, et où J. Roche a découvert les restes de 170 individus, dont 80 enfants (D. Ferembach 1959). Le niveau qui a fourni ce charbon correspond sensiblement au niveau II de la grotte principale.

L'Epipaléolithique (Ibéro-Maurusien) daterait donc au Maroc de 10 à 12 mille ans en chiffres ronds. Nous savons par ailleurs que cette industrie correspond approximativement à la transgression flandrienne („mellahienne”) ayant atteint la cote de +2 m.

L'époque d'évolution de l'industrie atérienne si largement répandue au Maroc a donc pris fin antérieurement à la date de 12 000 ans. Rappelons qu'elle caractérise les limons rouges superficiels du Soltanien (= Wurm) contemporains de la dernière grande régression marine.

Dans une note parue le 21 Décembre 1959, intitulée: „Age par radio-carbone de deux formations des environs de Rabat (Maroc)”, M. Gigout

fait part de mesures d'âge effectuées par W. Broecker du Laboratoire Lamont de l'Université de Colombia à New York.

1. Coquillages du maximum marin de +2 m (Flandrien = Mel-lahien) 5970 \pm 130 ans (env. 4000 avant J. C.).

2. Débris de charbon dans les limons gris de l'estuaire de l'Oued Bou Regreg (Rharbien): 800 \pm 200 ans (du X au XIV siècle avant J. C.).

Ces dates permettent d'ajuster nos conceptions sur le Quaternaire récent au Maroc. L'Épipaléolithique de Taforalt (10 à 12 000 ans) serait de 4000 à 6000 ans antérieurs au maximum Flandrien. Comme cette industrie est sans doute postérieure au minimum regressif soltanien (wurmien), la remontée du niveau de la mer aurait duré au moins 6000 ans.

Le sous-étage rharbien s'inscrirait entre les dates de 4000 ans avant J. C. et la fin du Moyen Age. On s'en doutait déjà car ses formations grises recouvrent les ruines romaines de Banassa dans le Rharb, bien qu'on y récolte surtout du Néolithique. Rappelons à ce sujet que les failles de la grotte de Mougharet et Aliya, près du Cap Spartel, ont découvert à la partie supérieure du remplissage une alternance de niveaux à industrie néolithique, avec des niveaux à vestiges romains.

NOUVELLE NOMENCLATURE DES NIVEAUX MARINS DU QUATERNAIRE

Peu après la publication d'une nomenclature des formations continentales du Quaternaire marocain (G. Choubert et al. 1956), P. Biberson (1958) a proposé à son tour une série de termes nouveaux pour désigner les formations marines. La nécessité d'une telle nomenclature locale se faisait sentir depuis longtemps, car les différents auteurs utilisaient les anciens termes, créés pour la plupart dans le bassin méditerranéen, en les adaptant aux besoins locaux, chacun à sa manière. Il en est résulté une confusion dans l'utilisation de ces termes qu'il était urgent de clarifier (fig. 1 et 2; voir aussi les planches hors texte).

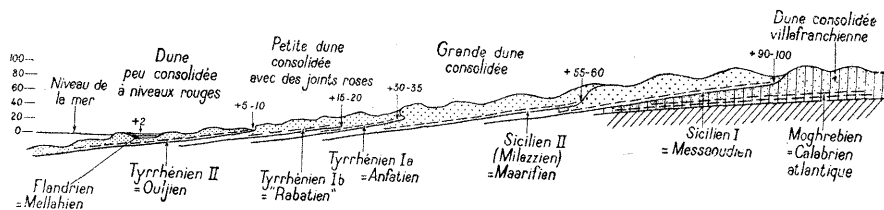


Fig. 1. Coupe schématique du Quaternaire marin-dunaire de la côte atlantique du Maroc
tirté — lumachelles de base; ponctué — dunes consolidées; les intercalations continentales n'ont pas été figurées

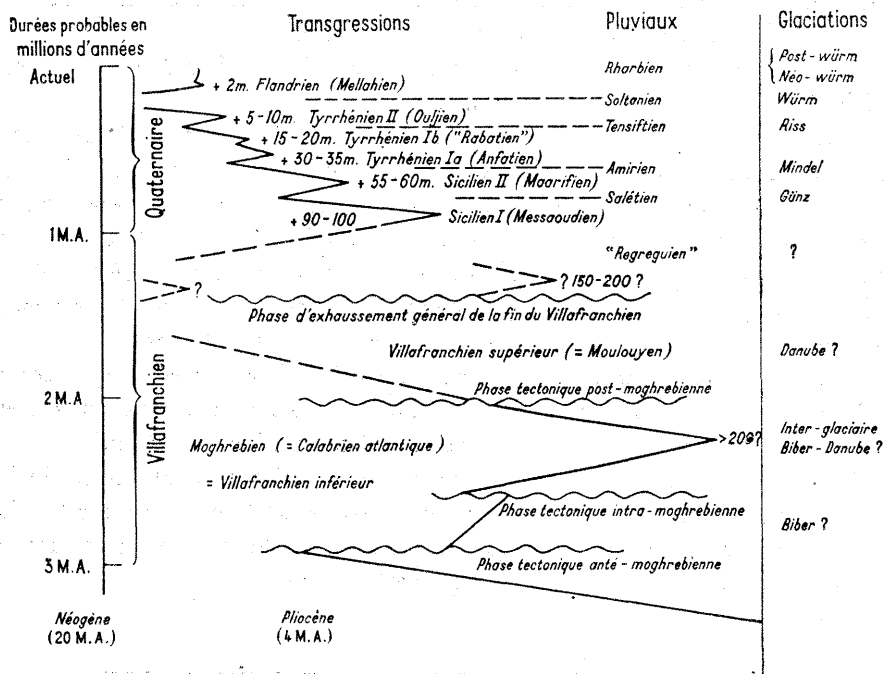


Fig. 2

Les quatre termes de P. Biberson: le Messaoudien +90—100 m, le Maarifien +55—60 m, l'Anfatien +30—35 m, et le Mellahien +2 m, tirent leurs noms des localités de la banlieue de Casablanca, région étudiée très en détail par l'auteur. Cette série de noms nouveaux se complète à la base par le Moghrebien créé auparavant (G. Choubert et R. Ambroggi 1953), et au sommet par l'Ouljien créée par M. Gigout (1949).

Dans le tableau ci-dessous on trouvera la correspondance entre les différents termes utilisés par les auteurs (tabl. I).

Dans ce tableau de termes nouveaux qui embrassent à présent l'ensemble des formations marines quaternaires, il y a cependant encore une place vide, correspondant à la transgression de +20 m attribuée au Tyrrhénien I b. Cette transgression étant la mieux représentée dans la région de Rabat, notamment dans les falaises près de l'Hôpital Marie Feuillet, on peut proposer de l'appeler le *Rabatien*.

Les mesures au tachéomètre du maximum de cette transgression (effectuées par H. Durollet en 1943), ont donné 18 m 50 en face de l'angle sud-ouest de l'Hôpital Marie Feuillet, et 17 m 50 au Nord de ce dernier.

Cette transgression n'est encore connue avec certitude que dans les environs de cet Hôpital. En suivant la côte vers le Sud-Ouest, ses dépôts

marins disparaissent rapidement, et seul subsiste le niveau rose consolidé, qui à Marie-Feuillet, supporte cette transgression. Sous forme d'un „joint rose” il sépare la dune consolidée, immédiatement postérieure à la transgression de la mer de + 30—35 m (Anfatien), de la dune également consolidée qui, à Marie-Feuillet, surmonte la transgression „rabatienne”. On peut suivre ce „joint” continental dans toutes les carrières de la côte de Khebibat, au Sud-Ouest de Rabat.

Transgressions marines

Tableau I

Altitude maxima	Ancienne nomenclature	G. Lecointre	M. Gigout	G. Choubert et al.	P. Biberson
+2 m	Flandrien	Flandrien	Flandrien	Flandrien	Mellahien
+5—10 m	Monastirien (+15)	Q. R. II	Ouljien	Tyrrhénien II	Ouljien
+15—20 m	Tyrrhénien (+25)		Monastirien	Tyrrhénien I b	—
+30—35 m			Tyrrhénien	Tyrrhénien I a	Anfatien
+55—60 m	Milazzien	Q A II	Sicilien	Sicilien II	Maarifien
+99—100 m	Sicilien	Q A I	Calabrien	Sicilien I	Messaoudien
> 200 m	Pliocène	Pliocène	Pliocène regressif	Moghrebien	—

Si l'on juge d'après la faible importance des dépôts qu'elle a laissés, l'oscillation marine de +20 m a dû être de courte durée. On peut la considérer comme faisant partie de la grande transgression tyrrhénienne. Il n'a pas encore été possible de déceler son équivalent parmi les formations continentales. Il semble donc qu'aucune oscillation climatique notable ne corresponde à cette faible oscillation marine². Elle serait donc vraisemblablement provoquée par une cause accidentelle qu'il est encore difficile de mettre en évidence (cause épirogénique ou autre?).

² M. Gigout admettait d'abord que cette transgression de +15—20 m représentait un cycle eustatique indépendant, comparable à toutes les autres transgressions quaternaires, et correspondant comme ces dernières à un cycle climatique (M. Gigout et R. Raynal 1957). Dans une note récente (M. Gigout et R. Raynal 1959) il a convenu qu'il s'agissait en réalité d'une oscillation marine mineure survenue après le Maximum anfatien (Tyrrhénien).

Notons toutefois qu'on observe parfois dans les zones montagneuses un dédoublement des terrasses tensiftiennes (terrasses moyennes). Il serait cependant encore hasardeux de chercher à paralléliser les deux phénomènes.

LES HOMMES FOSSILES

La découverte d'un troisième Préhominien du type *d'Atlanthropus*, vient de compléter nos connaissances sur l'homme tyrrhénien acheuléen du Maroc. Après la découverte déjà ancienne de l'„Homme de Rabat” (J. Marçais 1934; H. Vallois 1945), dans la carrière de Khébibat par J. Marçais (1933), celle, plus récente, de l'„Homme de Casablanca” dans les couches marines de l'Anfatien (Tyrrhénien I a) de la carrière de Sidi Abderrahmane (extension) par P. Biberson (C. Arambourg et P. Biberson 1955; P. Biberson 1956a), un troisième homme, „Homme de Temara” vient d'être trouvé par J. Roche (H. Vallois et J. Roche 1958), au cours de fouilles d'une grotte (dite grotte des Contrebandiers) située en bordure de la route côtière, à environ 2 km au Sud-Ouest de Temara (17 km de Rabat).

Quels sont les rapports chronologiques de ces trois préhominiens ?

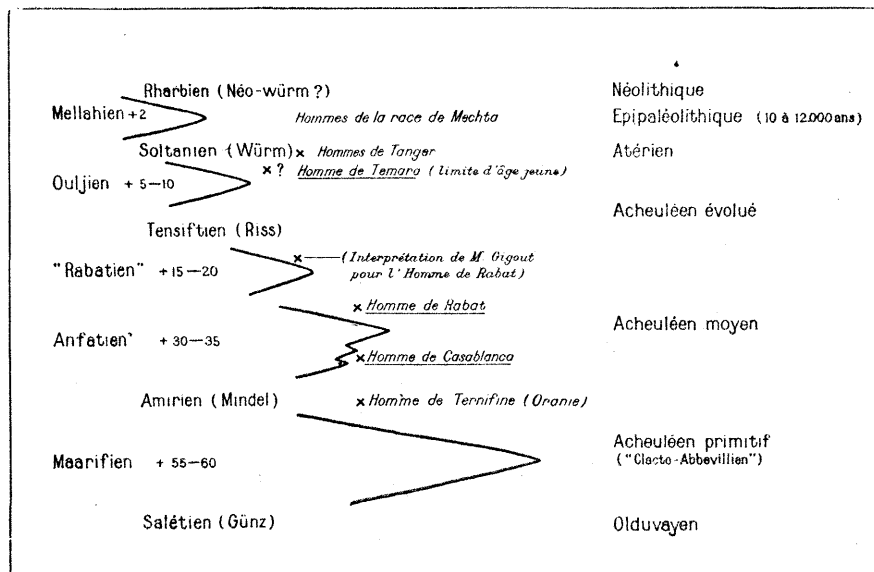


Fig. 3. Schéma de la distribution chronologique des Atlanthropiens au Maroc

Le mieux daté est incontestablement l'homme de P. Biberson (1956a). Il a été trouvé dans une excavation, en forme de grotte, creusée par la mer anfatienne (tyrrhénienne), dans la dune consolidée appartenant au cycle précédent (Maarifien=Sicilien II), à une altitude de +25 m. La mandibule humaine, accompagnée d'ossements de Mammifères divers, se trouvait dans une intercalation continentale (F) comprise entre deux niveaux marins (G 1 et G 2), appartenant à la même transgression marine et caractérisés l'un par *Littorina littorea*, l'autre par *Purpura haemastoma*. Une abondante industrie appartenant à l'Acheuléen moyen se trouvait à l'entrée de la grotte.

Aucune ambiguïté n'existe donc au sujet de l'âge de l'Homme de Casablanca qui vivait à l'extrême fin du pluvial Amirien (=Mindel), à un moment où la transgression anfatienne (tyrrhénienne) s'approchait de son maximum qui ne sera d'ailleurs atteint qu'un peu plus tard, au cours de l'interpluvial suivant (Tensiftien = Mindel—Riss).

Au sujet de l'âge de l'Homme de Rabat, le plus anciennement connu, une controverse vient d'être soulevée par M. Gigout (1958). Ce crâne se trouvait dans la partie inférieure de la „grande dune” de Rabat, à quelque 2 ou 3 m au-dessus de sa lumachelle de base à *Purpura haemastoma*. Il s'agit de savoir si cette dernière appartient au cycle anfatien (mer de +30—35 m) ou au cycle „rabatien” (mer de +15—20 m) défini dans le paragraphe précédent. Personnellement je maintiens la première solution, car, en suivant ce niveau marin à *Purpura haemastoma* de proche en proche vers le Nord-Est, on le voit se raccorder au niveau anfatien de Marie Feuillet qui s'y trouve à quelques 5 m en contrebas du niveau „rabatien”. De même le joint rose qui, comme on vient de le voir, marque au Sud-Ouest de Marie Feuillet la place de la transgression „rabatienne” (+15—20 m), est parfaitement visible à quelques deux ou trois mètres au-dessus du gisement de l'Homme de Rabat. Comme partout ailleurs il sépare ici la „grande dune” post-anfatienne de la „petite dune” post-rabatienne.

Pour M. Gigout (1958) par contre, la lumachelle à *Purpura haemastoma* appartiendrait à la transgression „rabatienne” car cet auteur n'admet pas l'existence de deux transgressions indépendantes dans les falaises de Marie Feuillet.

La différence entre les deux interprétations ne semble pas très importante au point de vue de la durée, car les deux transgressions ont eu lieu pendant le même interpluvial, qui se situe entre les pluviaux amirien et tensiftien (Mindel—Riss). L'Homme de Rabat est donc un peu plus récent que l'Homme de Casablanca. Cette différence d'âge est au plus d'un demi-cycle (interprétation de M. Gigout), ou plus vraisemblablement plus courte encore.

Il est bien plus difficile de se prononcer sur l'âge exact de l'Homme de Temara. La grotte fouillée par J. Roche, est creusée dans la falaise morte, entaillée par la mer ouljienne (entrée de la grotte +12 m, fond des fouilles +8 m). Comme la célèbre grotte de Dar es Soltane, étudiée jadis par A. Ruhlmann (1951), elle est comblée par des formations limoneuses meubles, contenant de l'Atérien et, au sommet, des industries épipaléolithiques. La mandibule, incluse dans un bloc de grès rose, se trouvait à l'état remanié dans la dernière couche contenant de l'Atérien. D'autres débris de grès, ainsi que des ossements s'y trouvaient également.

Or, contre les parois de la grotte on observe des restes d'une brèche ossifère rose à ciment de grès, lithologiquement assez semblable au bloc contenant la machoire. Le remplissage limoneux de la grotte est nettement plus récent: il ravine la brèche osseuse et s'y emboîte. Il est donc très vraisemblable que le bloc contenant la mandibule, a été détaché de cette formation.

Pour dater cette dernière, il faut rappeler que la falaise dans laquelle est creusée la grotte est formée de dunes consolidées, encore mal datées. A proximité de la grotte on observe au tiers inférieur de cette falaise un niveau marin, ravinant la dune consolidée formant sa base. Il s'agit sans doute d'un niveau marin tyrrhénien, sans qu'on puisse encore savoir s'il appartient à la transgression anfatienne (mer de +30—35 m) ou rabatienne (mer de +15—20 m). La grotte est creusée à la hauteur de ce niveau marin, qui d'ailleurs est mal visible à cet endroit.

D'autre part des brèches osseuses roses sont connues à des niveaux différents. Nous venons de voir qu'à Sidi Abderrahmane, l'Homme de Casablanca se trouvait dans un niveau d'un faciès semblable (F) contemporain de la transgression anfatienne. Les brèches osseuses les plus récentes enveloppent à Marie Feuillet la falaise ouljienne, et sont donc immédiatement postérieures au Maximum ouljien. Elles dateraient du début de la régression, c'est-à-dire, de la fin du dernier interpluvial (Riss—Wurm). Ce serait, là, la limite supérieure d'âge de l'Homme de Temara.

Dans ce cas ce dernier serait un contemporain du grand renouvellement des industries, survenu au début du Soltanien. En effet l'Acheuléen évolué (Micoquien) disparaît aux approches du pluvial soltanien (=wurmien) et l'Atérien fait son apparition sur les plages de la mer ouljienne, celle-ci ayant déjà amorcé son mouvement régressif.

Cependant il n'est pas impossible qu'une grotte du type karstique puisse exister déjà au moment de l'avancée de la mer ouljienne, et que le recul de la falaise côtière l'ait mise à jour, permettant ainsi à la mer de la recreuser une deuxième fois. Une telle grotte aurait pu se former dans la dune consolidée et être comblée au cours du pluvial tensiftien (= Riss).

Dans ce cas l'Homme de Temara serait un peu plus ancien. Il serait néanmoins le plus jeune parmi les Atlanthropiens du Maroc.

La série des Atlanthropiens marocains s'échelonne donc depuis le début de la transgression anfatienne jusqu'au plus tard la fin de la transgression ouljienne. On sait par ailleurs que l'*Atlanthropus* type de Ternifine, Oranie, (A. Arambourg 1955) est un peu plus ancien. On admet qu'il date du pluvial amirien (= Mindel); il est accompagné d'une industrie acheuléenne moins évoluée que celle qui était associée à l'Homme de Casablanca. Il semble donc que l'époque des Atlanthropiens corresponde assez exactement à la durée de l'évolution de l'Acheuléen (du Maarifien à l'Ouljien). On peut en conclure que ce sont ces Préhominiens qui ont inventé et peu à peu perfectionné la technique de la taille acheuléenne.

On ne connaît encore que fort mal l'Homme de l'Atérien de l'Afrique du Nord. Il lui appartiennent les quelques restes très incomplets des „Hommes de Tanger”, découverts en 1939 par C. S. Coon, B. Howe et H. Movins, lors des fouilles de la grotte de Mougharet el Aliya, à 8 km au Sud du Cap Spartel. Le niveau qui a fourni ces restes (un adulte et un enfant de 9 ans) surmonte des formations limoneuses contenant de l'Atérien. On considère que les Hommes de Tanger sont des Neeanderthaliens (N. Senyureck 1940; C. Briggs 1948). Cependant certains de leurs caractères se rapprochent encore de l'Homme de Rabat.

Enfin avec l'Épipaléolithique apparaît au Maroc l'*Homo sapiens*, notamment la *Race de Mechta el Arbi*. Un de ses premiers représentants a été trouvé par A. Ruhlmann dans la grotte de Dar es Soltane. Nous avons vu plus haut que J. Roche en a découvert un grand nombre à Taforalt (D. Ferembach 1959).

PEBBLE CULTURE

voir tableaux II et III

Depuis le V Congrès INQUA, des études importantes ont été effectuées sur les industries du type de Pebble Culture au Maroc, notamment par l'éminent spécialiste du Paléolithique inférieur P. Biberson, avec la collaboration de A. Faure-Muret, G. Lecoindre et moi-même (P. Biberson et al. 1957, 1959). Un certain nombre de gisements connus auparavant ont été réexploités, et de nouveaux gisements reconnus et étudiés.

L'étude typologique de ces très abondantes récoltes a permis d'ébaucher une classification de ces industries anciennes, qui autorise déjà à les utiliser pour des fins stratigraphiques.

A. La première de ces industries a été découverte dès 1952, sur le Plateau de Salé, localité éponyme du Salétien. Je dois apporter une cor-

rection, à son sujet, à ma note de l'INQUA de 1957. En effet cette industrie y a été appelé à tort „Chelléen”, à la suite de la première étude effectuée par l'Abbé J. Roche (G. Choubert et J. Roche 1956). Ce préhistorien a cru pouvoir y reconnaître une série évolutive du Chelléen, débutant par des pièces appartenant encore à la Pebble Culture, et allant jusqu'au Chelléen évolué (sans compter une industrie acheuléenne découverte dans un niveau indépendant, plus élevé). Or, d'après des études récentes de P. Biberson (P. Biberson et al. 1959), toute cette industrie correspondrait en réalité à l'Olduvayen. Il faudra donc remplacer dans tous mes écrits concernant ce gisement, le mot *Chelléen* par le mot *Olduvayen*. D'ailleurs les préhistoriens sont actuellement d'accord pour limiter le terme de *Chelléen* au seul gisement de Chelles.

Or il apparaît que cette industrie olduvayenne est extrêmement répandue dans le Maroc atlantique. Toutes les nappes de cailloutis du Quaternaire ancien en contiennent. On la connaît à présent dans la région de Souk el Arba du Rhart, dans celle de Sidi Kacem (anciennement Petitjean), de part et d'autre du Bou Regreg (Plateau de Salé, Chellah et plateau du terrain d'aviation de Rabat) etc... Partout sur tous les hauts niveaux, de 70 à 100 m on trouve en abondance les mêmes choppers, choppers tools, polyèdres etc...

Cette industrie est caractéristique du Salétien, c'est-à-dire du „premier pluvial” des auteurs anciens, correspondant sensiblement au Günz, et représenté par des cailloutis grossiers qui se placent stratigraphiquement entre les transgressions de +90—100 m et de +55—60 m. Il faut ajouter que ces nappes de cailloutis sont souvent affectées de gauchissements et d'ondulations tectoniques réellement importantes (région de Souk el Arba et de Sidi Kacem).

B. Une autre industrie bien plus fruste et primitive caractérise des dépôts plus anciens. On la trouve à la partie supérieure de la „formation rouge de la Mamora” d'âge villafranchien (ou „moulouyen”, comme nous le verrons plus loin).

Les premières pièces appartenant à cette industrie ont été trouvées en 1956 près d'Arbaoua (P. Biberson et al. 1957). A cette première découverte s'est ajouté bientôt le gisement du Douar Doum à Rabat, puis celui de Tardiguet er Rahla dans la Mamora (P. Biberson et al. 1959).

Généralement seules les couches terminales de ces formations continentales, dont la puissance varie entre 25 et 200 m, contiennent cette Pebble-Culture. Il s'agit pour le moment de l'industrie la plus ancienne connue au Maroc. Elle ne comporte pas de pièces plus ou moins évoluées du type Olduvayen, comme par exemple les polyèdres ou les choppers tools.

La „formation rouge de la Mamora” surmonte directement le Moghre-

* *Position chronologique mal définie; (les termes nouveaux proposés sont inscrits entre guillemets)*

L'Echelle des temps n'est pas respectée

Tableau III

20

GEORGES CHOUBERT

Altitudes	Faunes marines	Etages marins	Etages Continentaux	Proboscidiens	Industries	Principaux faciès	Terrasses des Oueds	Altitudes relatives
0	Faunes à <u>Purpura</u> <u>haemastoma</u>	Actuel	Postwürm Rharbien Néowürm	<u>Elephas</u> <u>africanus</u>	Néolithique	Tirs	Basses-basses terrasses (grises)	2 - 3 m
+2 m		Mellahien (Flandrien)	Soltanien (Grimaldien) • Würm	<u>E. atlanticus</u> var. <u>maroccanus</u> (Tit Meillil)	Epipaléolithique Atérien 5) 4)	Limons rouges superficiels; rares encroûtements	Basses terrasses limoneuses (rouges)	env. 10 m
+5-10		Ouljien (Tyrrhénien II)						
+15-10 +30-35		"Rabatien" (Tyrrhénien Ib) Anfatien (Tyrrhénien Ia)	Tensiftien • Riss	<u>E. atlanticus</u> var. <u>maroccanus</u> (Khebibat)	Epoque de 3) 1' évolution de 2) 1' Acheuléen 1)	Croutes; Calcaires lacustres	Moyennes terrasses caillouteuses (dédoublément local)	env. 20 - 30 m
+55-60	Faune à <u>Acanthina</u> <u>crassilabrum</u> et <u>Trochataella</u> <u>trochiformis</u>	Maarifien (Sicilien II)	Amirien • Mindel	<u>E. pomeli</u> (Casa.) <u>E. atlanticus</u> et <u>E. meridionalis</u> (Ternifine)		limons inférieurs	Hauts terrasses conglomératiques	env. 50 - 60 m
+90-100		Messaudiien (Sicilien I)	Salétien • Günz	?	Olduvayen	cailloutis grossiers; concrétions ferrugineuses	Très hautes terrasses	env. 70 - 100 m
+150-200			"Regréguien"	?	?	Croutes post-villafranchiennes?	"Cinquièmes terrasses"	env. 150 - 170 m
Déformé >200	Faune pliocène chaude avec <u>A. crassilabrum</u> et <u>T. trochiformis</u>	Moghrebien (Calabrien atlantique)	Moulouyen (Villafranchien supérieur) • Danube ?	Probablement <u>E. meridionalis</u> (Salé) (x) <u>E. africanus</u> <u>Anancus oziris</u>	Pebble Culture —	Formation rouge de la Mamora	Cailloutis conglomérats sables et limons rouges	Déformé
			Plioc-Villafranchien • Biber ?	?	—	Calcaires lacustres, travertins, poudingues Meknès, Saïs, Berguent, Hammadas		id
	Faune de Dar bel Hamri	Pliocène (sables)	Pontico-Pliocène	cf. Mastodon- longirostris	—	Formations rouges		

(x) La place de E. meridionalis de Salé est incertaine :

Villafranchien ou Maarifien (dans ce cas semblable à celui de Ternifine) ?

Atlantropiens: 1) Ternifine (Oranie); 2) Casablanca; 3) Rabat; 4) Temara. Neanderthaliens: 5) Tanger.

bien (Calabrien atlantique) et les dunes consolidées post-moghrébiennes. Elle est antérieure à la transgression de la mer de +90—100 m et correspond probablement à la glaciation du Danube.

C. En plus de ces deux industries, à large répartition, qui caractérisent des formations continentales, P. Biberson a découvert et a décrit dès 1953 (P. Biberson 1953, 1955, 1956b) une troisième, contenue dans les formations côtières du Messaoudien (mer de +90—100 m), des environs de Casablanca. Chronologiquement cette troisième Pebble-Culture se place donc entre l'industrie primitive du Villafranchien-Moulouyen, et celle plus évoluée du Salétien (Olduvayen).

La Pebble-Culture des environs de Casablanca comporte des pièces massives, de grande taille en quartzite de forme „rostro-carenée” assez spéciale (batiformes).

Jusqu'à présent elle n'est encore connue que dans certaines carrières des environs de Casablanca, situées entre les côtes de +70 et +100 m (carrières Deprez +100 m, carrière Hadj Salah +80 m, carrière D'Aéroport +75 m). L'allure spéciale de ses pièces est probablement influencée par la matière première qui est celle de gros galets de quartzite. Il est encore difficile d'utiliser cette industrie dont la répartition semble assez limitée à des fins stratigraphiques.

SICILIEN (MESSAOUDIEN) D'AÏN BRI BRI

Jusqu'à ces derniers temps, les dépôts de la mer de +90—100 m c'est-à-dire le Sicilien I ou Messaoudien, n'étaient pas connus dans la région de Rabat. Cette transgression est par contre très bien représentée dans les environs de Casablanca, où plusieurs carrières situées entre les côtes de +100 et +70 m, permettent de l'étudier (voir le § précédent).

Cette lacune dans la série stratigraphique quaternaire des environs de Rabat, vient d'être comblée par la découverte d'une faune typique du Quaternaire ancien, à une altitude voisine de 100 m, près de la route des Sehoul (G. Choubert et A. Faure-Muret 1959).

Le puits qui a mis à jour cette formation marine, situé non loin d'Aïn Bri Bri, se trouve à la côte absolue de 109 m. Il a traversé 10 m de formations continentales rouges, puis environ 2 m de grès marins. La côte absolue du niveau marin est donc de +97—99 m. Ce niveau surmonte des cailloutis noircis par la circulation d'eau (env. 1 m), reposant directement sur des sables pliocènes. Ni la Moghrébien, très caractéristique dans la région de Rabat, autant par son faciès que par sa faune d'Huîtres et Pectinidés, ni les dunes post-moghrébiennes n'ont pas été retrouvées dans ce puits.

La faune contenue dans ce niveau marin, déterminée par G. Lecoindre, comporte les éléments classiques du Quaternaire ancien du Maroc, notamment *Acanthina crassilabrum* et *Trochatella trochiformis*. On y a trouvé en outre une *Pirula* sp. voisine de *P. reticulata* ou *P. ficus*, espèces des mers chaudes (Océan Indien), ainsi qu'une dizaine d'autres espèces moins caractéristiques.

LE PROBLEME DU MOULOUYEN

Quand la nomenclature du Quaternaire continental du Maroc a été établie en 1956 (G. Choubert et al. 1956), un malentendu regrettable s'est glissé entre les cosignataires de cette note, concernant le Moulouyen. Ce malentendu peut-être résumé de la façon suivante.

1. Pour les uns, notamment R. Raynal, le terme *Moulouyen* (d'ailleurs proposé par lui) devait désigner les nappes de cailloutis pouissants qui dans les cuvettes de la Haute et de la Moyenne Moulouya, constituent le cinquième grand système de glacis et de cônes de déjection. Ces formations bien connues par les géologues, qui avaient travaillé dans ces régions, étaient habituellement attribuées au Villafranchien.

2. Pour les autres (dont moi-même), il s'agissait de définir la cinquième terrasse qu'on observe dans certaines vallées des oueds de la zone atlantique, comme par exemple dans celle de l'Oued Beth et de l'Oued Bou Regreg. Ces très hautes terrasses de 150 m d'altitude relative, représentant un court épisode d'arrêt et de remblaiement, survenu en cours du creusement post-villafranchien.

Le terme *Moulouyen* dont le type proposé par R. Raynal, est celui des formations caillouteuses villafranchiennes de la Moulouya, ne peut évidemment pas être utilisé pour désigner les terrasses de 150 m du Bou Regreg et du Beth.

Il faut cependant souligner que ce terme tombe en synonymie avec celui de *Villafranchien*, et plus précisément avec celui de *Villafranchien supérieur* (le Villafranchien inférieur défini par sa faune de Mammifères: *Anancus oxiris*, *Elephas africanavus*, *Stylohipparion setifense* etc... étant l'équivalent continental du Moghrebien).

Il est donc nécessaire de trouver un autre terme pour désigner les „cinquièmes terrasses” des oueds atlantiques, car elles sont plus récentes que le Villafranchien supérieur, dans lequel elles s'emboîtent. Nous proposons de leur donner le nom de *Regreguien* et de prendre pour type la terrasse de 150 m qui se trouve en haut de la montée de la route des Sehoul sur la rive gauche de l'Oued Bou Regreg (près d'Aïn Mesdadia) où elle entaille

les cailloutis villafranchiens (= moulouyens) de la „formation rouge de la Mamora”. Les replats de cette terrasse se profilent nettement en contrebas du plateau des Sehoul. Par contre ce dernier recouvert par la formation rouge de la Mamora, est affecté d'une pente douce qui part de la côte approximative de 200 m, pour s'élever lentement vers le Sud.

On sait que le Villafranchien (Moulouyen) a été caractérisé par un aplatissement parfait de la zone côtière du Maroc. Les oueds serpentaient le long de la surface villafranchienne affectée d'une très faible pente, et y déposaient leurs alluvions. Cet équilibre remarquable a été rompu par les mouvements tectoniques post-villafranchiens accompagnés probablement d'un changement climatique. La surface „fini-villafranchienne” a subi des gauchissements et des déformations, et une très importante phase d'érosion a été déclenchée.

Le Regreguien n'est que le premier stade d'arrêt survenu au cours de ce creusement. A ce moment les principaux oueds de la zone atlantique avaient atteint une profondeur voisine de 50 m les terrasses régreguiennes, recouvertes de cailloutis moins rubéfiés que le Villafranchien, se trouvent actuellement à une altitude relative de + 150 m. Pour celle de l'Oued Bou Regreg, sur la route des Sehoul, cette altitude est absolue car la mer est toute proche.

L'arrêt suivant est celui du Salétien. Il termine la deuxième phase de creusement, contemporaine de la transgression du Sicilien I (Messaoudien).

Le Regreguien représente donc un cycle climatique complet comparable à tous les autres cycles qui lui ont succédé. Comme je l'ai expliqué en 1957, on ne connaît pas encore de transgression correspondante à cette phase de creusement. Elle devrait se placer entre le Moghrebien et le Sicilien I (Messaoudien) aux environs de 150 m d'altitude absolue.

On ne connaît pas encore l'industrie lithique régreguienne. Elle doit être assez semblable à la Pebble Culture du Villafranchien (= Moulouyen) ou peut-être un peu plus évoluée. Les recherches effectuées sur la terrasse de 150 m près d'Aïn Mesdadia (en compagnie de P. Biberson et de Mlle Faure-Muret), n'ont permis de découvrir qu'une industrie de surface du type olduvayen, certainement plus récente que les cailloutis de la terrasse (P. Biberson et al. 1959).

J'ajouterai que le cycle de creusement et du remblaiement du Régreguien a dû être de courte durée et les traces de cette terrasse sont généralement peu marquées et difficiles à reconnaître, surtout dans les régions où le Villafranchien (= Moulouyen) n'existe pas, ou est mal caractérisé. Il correspondrait à un pluvial peu important qui se placerait entre les époques du Danube et du Gunz.

En dehors de la zone atlantique, les terrasses régreguiennes sont encore

peu connues. Je les ai toutefois observées dans la vallée du Chegg el Ard, affluent rive droite de la Moulouya, en aval de l'ancien poste de Douirat. Comme dans la zone atlantique, c'est une cinquième terrasse qui s'étage, en bordure du Chegg el Ard, légèrement en contrebas des glacia villafranchiens (moulouyens).

On connaît des regs très élevés également dans la cuvette d'Ouarzazate. Une étude détaillée permet d'y mettre en évidence cinq niveaux étagés, emboîtés dans la surface villafranchienne (moulouyenne), recouverte par des conglomérats.

Ces quelques exemples montrent la généralité des „cinquièmes terrasses” au Maroc. Malgré leur faible développement, elles méritent de recevoir un nom local.

QUELQUES PRECISIONS AU SUJET DU MOULOUYEN (VILLAFRANCHIEN SUPERIEUR) ET DU MOGHREBIEN (CALABRIEN ATLANTIQUE)

voir tableaux II et III

La confusion provoquée par la création du terme Moulouyen, a eu comme conséquence une étude plus attentive et plus approfondie des formations anté-salétiennes autant dans la zone atlantique qu'à l'intérieur du Maroc et dans les régions sahariennes.

En particulier on a pu confirmer la généralité d'une phase d'érosion, pouvant être fort importante dans certaines régions, entre la grande phase lacustre attribuée au Villafranchien inférieur („Pljo-Villafranchien”), et le dépôt des formations continentales caillouteuses du Villafranchien supérieur (= Moulouyen).

Rappelons à ce sujet que cette grande phase lacustre à laquelle appartiennent dans le Nord les célèbres calcaires de Meknès et de Saïs, dans l'Est ceux de Berguent (Hauts Plateaux), enfin dans le Sud les calcaires des grandes Hammadas du Guir, du Dra etc... pourra être parallélisée avec beaucoup de vraisemblance avec la transgression moghrébienne, bien datée par la faune des Mammifères du Villafranchien inférieur. En effet autant le Moghrébien de la zone côtière que les calcaires lacustres de Meknès et de Saïs, surmontent en légère discordance (discordance cartographique) les sables pliocènes datés par la faune bien connue de Dar bel Hamri³.

Dans la zone côtière la „formation rouge de la Mamora” recouvre le Moghrébien et les dunes post-moghrébiennes qu'elle ravine.

³ Rappelons cependant que les calcaires lacustres de cette époque n'ont pas encore fourni de Mammifères. On n'y connaît que des faunes de Gastéropodes d'eau douce, que P. Jodot considère comme encore pliocènes (1955).

Dans la région de Meknès—Sidi Kacem (ancien Petitjean), des cailloutis attribuables au Villafranchien supérieur (=Moulouyen) s'étalent altimétriquement en contrebas des entablements des calcaires lacustres de Meknès—Saïs. Ils contiennent en outre des galets de ces calcaires. C'est le cas en particulier du plateau d'El Gaada à l'Est de l'Oued Rdom (P. Taltasse 1953).

De même dans le Sud, dans la région de Ksar-Es-Souk—Erfoud, les cailloutis villafranchiens (= moulouyens) du Jebel Taarabt et du Borj d'Erfoud jalonnent une ancienne surface topographique, qui peut se trouver très en contrebas (jusqu'à 200 m) par rapport à la dalle lacustre de la Hammada du Guir.

Il faut remarquer que la „terrasse” moulouyenne se trouve au Borj d'Erfoud à 140 m d'altitude relative (J. Margat 1958). Il y a là une coïncidence altimétrique avec les terrasses régreniennes de la zone côtière, qui cependant doit être considérées comme accidentelle et dûe à des conditions locales d'alluvionnement et de creusement.

Ainsi à l'aurore des temps pleistocènes on peut déceler toute une série de mouvements tectoniques qui s'échelonnent pendant le Villafranchien s. l., et le Quaternaire ancien:

1 et 2 — phase tectonique anté-moghrébienne, suivie bientôt par le mouvement intra-moghrébien;

3 — phase tectonique post-moghrébienne et antérieure au Villafranchien supérieur (anté-moulouyenne);

4 — phase tectonique post-villafranchienne (post-moulouyenne).

D'autres mouvements moins importants se sont succédés au cours du Quaternaire ancien et moyen. Leur amplitudes vont en décroissant, et ils semblent se calmer complètement au Quaternaire récent (G. Choubert et A. Faure-Muret, *V^o Congr. INQUA*).

CONCLUSIONS

Les quelques paragraphes ci-dessus permettent de se faire une idée de l'avancement de nos connaissances sur la chronologie du Pleistocène du Maroc. Il est facile de se rendre compte que la précision de ces données diminue progressivement en remontant le cours des âges.

Pour le Quaternaire récent on essaie déjà d'évaluer le temps en années ou plutôt en milliers d'années.

Au Quaternaire moyen et même au Quaternaire ancien les industries lithiques, actuellement parfaitement repérées par rapport aux niveaux stratigraphiques, peuvent servir d'indicateur chronologique aussi précieux que les fossiles caractéristiques en stratigraphie.

Cependant quand on s'approche du Villafranchien nos connaissances deviennent plus floues. Elles sont en particulier incertaines à la limite du Quaternaire proprement dit, et du Villafranchien. Tel est par exemple le cas du Regreguien, le dernier né des „étages” quaternaires du Maroc, et de la transgression marine qui devait le précéder et qui, jusqu'à présent, n'a encore pu être mise en évidence. Pour ces périodes les méthodes utilisées pour l'étude du Quaternaire deviennent insuffisantes et on est conduit à faire appel aux méthodes géologiques. Or ces dernières, qui ne sont pas assez sensibles pour l'étude du Pleistocène, ne donnent de bons résultats que quand il s'agit de laps de temps relativement longs. Elles ne deviennent utilisables qu'à partir du Villafranchien qui, vu sa longue durée, est en quelque sorte, déjà un étage géologique.

Il ne faut pas perdre de vue qu'en atteignant le Villafranchien on aborde des phénomènes vieux de près d'un million d'années. Or au bout d'une époque aussi longue, les formes s'estompent et s'effacent, les dépôts s'ils sont peu épais, sont détruits, et ne peuvent se conserver que dans des conditions exceptionnelles. On ne peut donc plus les étudier comme on le voudrait et définir convenablement l'ensemble de leurs caractères. Il faut espérer que les années à venir permettront de mieux connaître cette période lointaine du début du Quaternaire.

Bibliographie

- Arambourg, A. 1955 — Récentes découvertes de Paléontologie Humaine réalisées en Afrique du Nord française (l'Atlanthropus de Ternifine l'Homme de Casablanca). *Proceeding of the third Pan-African Congress of Prehistory*; pp. 186—194.
- Arambourg, C., Biberson, P. 1955 — Découvertes de vestiges humains acheuléens dans la carrière de Sidi Abderrahmane près Casablanca. *C. R. Acad. Sci.*, t. 240; p. 1661.
- Biberson, P. 1953 — Premiers éléments sur la présence de la „Pebble Culture” au Maroc Atlantique. *Actes du IV Congrès INQUA, Rome—Pise*.
- Biberson, P. 1955 — Nouvelles observations sur le Quaternaire côtier de la région de Casablanca (Maroc). *Quaternaria*, t. 2; pp. 109—149.
- Biberson, P. 1956 a — Le gisement de l'Atlanthrope de Sidi Abderrahmane (Casablanca). *Bull. d'Archéol. Marocaine*, t. 1; pp. 4—92.
- Biberson, P. 1956 b — Nouvelles précisions sur les gisements à „Pebble Culture” des plages soulevées du Quaternaire ancien de Casablanca (Maroc). *C. R. Acad. Sci.*, t. 243; p. 1227.
- Biberson, P. 1958 — Essai de classification du Quaternaire marin du Maroc atlantique. *C. R. Somm. Soc. Géol. France*; p. 67.
- Biberson, P., Choubert, G., Faure-Muret, A., Lecoindre, G. 1957 — Découverte d'instruments de la „Pebble Culture” dans les cailloutis villafranchiens d'Arbaoua. *C. R. Acad. Sci.*, t. 245; p. 938—939.

- Biberson, P. Choubert, G., Faure-Muret, A., Lecoindre, G. 1959 — Les industries anciennes du type de la „Pebble Culture” du Maroc Atlantique. *Bull. d'Archéol. Marocaine*, t. 3.
- Briggs, C. 1948 — Les Hommes paléolithiques de Rabat et Tanger. Etude comparative. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, t. 39.
- Choubert, G., Ambrouggi, R. 1953 — Note préliminaire sur la présence de deux cycles sédimentaires dans le Pliocène marin au Maroc. *Notes et Mém. Serv. Géol. du Maroc*, n° 117, Notes, t. 7; pp. 5—53.
- Choubert, G., Faure-Muret, A. 1959 — Notes au sujet du Pleistocène de la région de Rabat (Maroc). *C. R. somm. Soc. Géol. France*; p. 19.
- Choubert, G., Faure-Muret, A. — Manifestations tectoniques au cours du Quaternaire dans le sillon préafricain (Maroc). *Communication au V Congrès INQUA, Madrid-Barcelone 1957*; (sous presse).
- Choubert, G., Gigout, M., Joly, F., Marçais, J., Margat, J., Raynal, R., 1956 — Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc. *C. R. Acad. Sci.*, t. 243; p. 504—506.
- Choubert, G., Roche, J. 1956 — Note sur les industries anciennes du plateau de Salé. *Bull. d'Archéol. Marocaine*, t. 1; pp. 9—38.
- Ferembach, D. 1959 — Les restes humains épipaléolithiques de la grotte de Tafalalt (Maroc Oriental). *C. R. Acad. Sci.*, t. 248; p. 3465.
- Gigout, M. 1949 — Définition de l'étage ouljien. *C. R. Acad. Sci.*, t. 229; p. 551.
- Gigout, M. 1958 — Sur le Pliocène et le Quaternaire de Rabat et Salé. *C. R. Acad. Sci.*, t. 247; p. 1363.
- Gigout, M. 1959 — Age par radiocarbone de deux formations des environs de Rabat (Maroc). *C. R. Acad. Sci.*, t. 249; p. 2802.
- Gigout, M., Raynal, R. 1957 — Corrélation des phénomènes marins et continentaux dans le quaternaire marocain. *C. R. Acad. Sci.*, t. 244; p. 2528—2531.
- Gigout, M., Raynal, R. 1959 — Retouche à la corrélation des phénomènes marins et continentaux dans le quaternaire marocain. *C. R. Acad. Sci.*, t. 248; pp. 2223.
- Jodot, P. 1955 — Les subdivisions du Pliocène dans le Nord de l'Afrique (Algérie—Maroc), d'après les faunes de Mollusques continentaux. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 126.
- Marçais, J. 1934 — Découvertes de restes humains fossiles dans les grès quaternaires de Rabat (Maroc). *L'Antropologie*, t. 44.
- Margat, J. 1958 — Essai de classification du Quaternaire Continental de la plaine de Tafalalt (Sud-Est Marocain). *C. R. Acad. Sci.*, t. 247; p. 1282.
- Roche, J. 1958 — Chronologie absolue de l'épipaléolithique marocain. *C. R. Acad. Sci.*, t. 246; p. 3486.
- Roche, J. 1959 — Nouvelle datation de l'épipaléolithique marocain par la méthode du Carbone 14. *C. R. Acad. Sci.*, t. 249; p. 792.
- Ruhlmann, A. 1951 — La grotte préhistorique de Dar es Soltane. *Collection Hesperis* (Inst. Hautes Etudes Marocaine), t. 11.
- Senyuerck, M. 1940 — Fossil Man in Tangier. *Papers of the Peabody Museum of American Archeology and Ethnology*, t. 16, n° 3.

- Taltasse, P. 1953 — Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès—Meknès. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 115.
- Vallois, H. 1945 — L'Homme fossile de Rabat. *C. R. Acad. Sci.*, t. 221; p. 669.
- Vallois, H., Roche, J. 1958 — La mandibule acheuléenne de Temara. *C. R. Acad. Sci.*, t. 246.

DISCUSSION

M. Cailleux: Dans son exposé magistral, M. Choubert a signalé l'importance des limons amiriens, qui atteignent jusqu'à 50 ou 60 m d'épaisseur. Peut-il nous dire quelle est en général l'origine de ces limons au Maroc: décalcification ou apport par le vent, ou autre de formation?

G. Choubert: L'étude sédimentologique des formations quaternaires du Maroc n'est pas encore très avancée. Aussi est-il difficile de donner une réponse précise à M. Cailleux. Il s'agit très vraisemblablement de limons alluvionnaires, dûs surtout à un ruissellement intense au cours dupluvial correspondant (Amirien = Mindel). Il est probable que les actions éoliennes ont également joué un certain rôle dans l'élaboration de ces formations limoneuses.

Quant à la décalcification — je suppose que M. Cailleux veut parler des „terra rossa” — j'estime que ce sont des phénomènes mineurs qui ne jouent pratiquement aucun rôle dans la géologie du Quaternaire. La discussion de cette question nous entraînerait trop loin, mais je suis persuadé que toutes les „terra rossa” des auteurs sont semblables à nos limons rouges superficiels (Soltanien — Wurmien) ou plus anciens.

M. Dresch souligne l'intérêt exceptionnel du Maroc par rapport au Moghreb oriental et même dans le monde. Il insiste sur l'apparente contradiction entre d'une part la série remarquable de plages marines caractérisées non seulement par la lithologie, la faune, mais aussi par des altitudes régulièrement étagées qu'on a jadis abusivement utilisées, d'autre part la série de mouvements tectoniques jusque entre le Rabatien et l'Ouljien. Ces mouvements sont étroitement localisés à des fosses de subsidence, essentiellement le Rharb et le Souss. Elles n'ont pas affecté des régions intermédiaires restées stables.

G. Choubert: Des mouvements tectoniques proprement dits entre le Rabatien et l'Ouljien n'ont jamais encore été mis en évidence. Pour expliquer la petite transgression rabatienne on peut évoquer des mouve-

ments épirogéniques problématiques. Mais à vrai dire on ne sait encore rien sur la cause véritable qui a provoqué cette oscillation marine.

Par contre la découverte du Messaoudien (Sicilien I) à Aïn Bri Bri, exactement à la côte théorique de + 100 m, semble démontrer une stabilité étonnante, de la Meseta au cours du Quaternaire.

M. Raynal: De la remarquable communication de M. Choubert les géomorphologues retiennent tout particulièrement l'existence de formations rubéfiées dans trois pluviaux (Villafranchien, Amirien, Soltanien), alternant avec des dépôts grossiers correspondant au Salétien et au Tensiftien. Il y a eu des climats quaternaires qui se ressemblaient par séries, tous les pluviaux n'étant pas identiques quant à leurs effets.

G. Choubert: La différence entre les pluviaux successifs du Quaternaire est en effet remarquable. On saisit là sur le vif l'alternance des époques de „climat rubéfiant” et d'autres à climat ordinaire, semblable à celui de nos jours. Dans mes écrits antérieurs, j'ai émis l'hypothèse que ces alternances climatiques ont été liées à des variations de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique (voir en particulier l'Appendice à la „Note sur la géologie des terrains récents des Doukkala”, *Notes du Service Géol. du Maroc*, T. 13, 1955, pp. 39—43, intitulé „Hypothèse sur l'origine de l'accumulation des limons rouges et des encroutements” par G. Choubert et A. Faure-Muret).