

LE QUATERNAIRE ⁽¹⁾ MAROCAIN OBSERVATIONS ET HYPOTHÈSES NOUVELLES

par G. BEAUDET*, G. MAURER** et A. RUELLAN***

RESUME. — Une analyse critique de la stratigraphie classique du Quaternaire continental et marin du Maroc fait apparaître nombre d'incertitudes. Des observations récentes concernant les formes, les dépôts et les sols du Quaternaire post-villafranchien permettent de dégager de nouvelles hypothèses :

- 1) Le cadre bioclimatique marocain serait resté résolument méditerranéen durant toute la période;
- 2) il est nécessaire de séparer dans le temps les phases de sédimentation continentale et les époques de formation des sols;
- 3) l'accumulation du calcaire dans les sols, caractéristique des pays méditerranéens, semble d'origine essentiellement pédologique; une nouvelle nomenclature des formes d'individualisation et d'accumulation du calcaire est proposée;
- 4) au Maroc, on peut envisager de grandes régions où la succession des phénomènes morphogénétiques et pédogénétiques diffère. Dans les hautes montagnes et les bassins arides, les Pluviaux auraient façonné les formes tandis que les sols plus ou moins évolués dateraient des Interpluviaux. Dans les plaines et moyennes montagnes relativement humides (Maroc atlantique et méditerranéen), la sédimentation continentale paraît dater du passage Pluvial-Interpluvial, remaniant souvent des sols pluviaux préalablement élaborés. Dans le Rif humide, le rythme morphogénétique serait le même, mais ferait intervenir de puissants phénomènes de solifluxion.

ABSTRACT. — A critical analysis of continental and marine Quaternary classical stratigraphy in Morocco reveals numerous uncertainties. Recent observations concerning forms, deposits and post-Villafranchian Quaternary soils allow new hypotheses :

- 1) The Moroccan bio-climatic environment would have remained mediterranean during the whole period.
- 2) The phases of continental sedimentation and the periods of soil formation must be separated.
- 3) The accumulation of limestone in soils, a characteristic of mediterranean countries, seem to be of an essentially pedologic origin; a new nomenclature of individualisation forms and limestone accumulation is proposed.
- 4) In Morocco, great regions may be considered, where the succession of morphogenetic and pedogenetic phenomena is different. In high mountains and arid basins, Pluvials would have shaped forms, while more or less advanced soils might date from Intepluvials. In relatively humid plains and middle-sized mountains (atlantic and mediterranean Morocco), continental sedimentation seems to date from the Pluvial-Interpluvial passage, often remodelling Pluvial soils previously elaborated. In the humid Rif, morphogenetic rythm would be the same, but with the intervention of powerful solifluxion phenomena.

Au Maroc, comme dans la plupart des pays méditerranéens, l'étude sur le terrain des formes et dépôts quaternaires apparaît aisée; la netteté des niveaux anciens, la bonne conservation des sédiments hérités, le contraste des couleurs et la fréquente minceur du couvert végétal, sont autant d'éléments favorables à l'observation. En outre, le Maroc possède de hautes montagnes que les pulsations froides du Pléistocène ont indiscutablement marquées de leur empreinte; enfin, son littoral atlantique offre une succession unique de plages

quaternaires et de dépôts littoraux consolidés anciens.

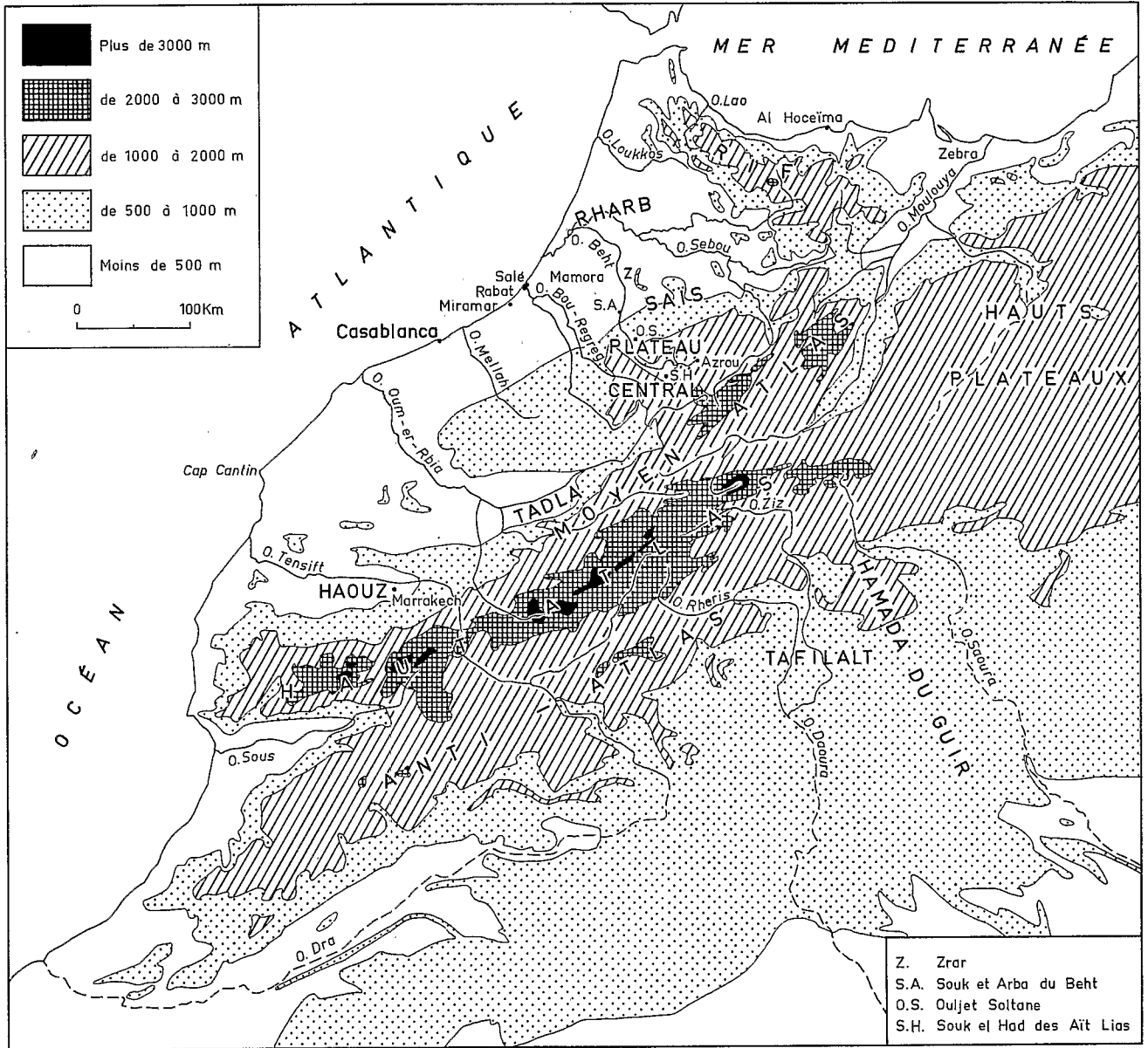
Ce champ d'observation privilégié suscita maintes vocations de chercheur et permit, il y a une dizaine

1. Sans vouloir mettre en cause les décisions de XVIII^e Congrès Géologique International (Londres 1948), le Villafranchien ne sera pas envisagé dans cette étude du Quaternaire marocain, ses limites avec le Pliocène, d'une part, et le Quaternaire postérieur, d'autre part, étant trop peu précises. Le terme « Quaternaire » s'appliquera donc dans cet exposé à la seule période post-villafranchienne.

* Faculté des Lettres et des Sciences humaines. Rabat.

** Institut Scientifique Chérifien. Rabat.

*** Maître de Recherche ORSTOM. Office de Mise en Valeur Agricole. Rabat.



CARTE I
Croquis schématique de l'Afrique du Nord Occidentale.

d'années, la mise au point d'une stratigraphie quaternaire régionale — marine comme continentale — généralement adoptée et utilisée par tous les spécialistes des sciences de la Terre.

Depuis, l'étude de régions jusqu'ici peu connues, l'approfondissement des observations pédologiques, préhistoriques et géomorphologiques comme le développement des analyses géochimiques et la

timide introduction des méthodes de datation absolue apportent des précisions nouvelles. Aussi est-il légitime de se demander si l'on peut encore utiliser telle quelle cette stratigraphie devenue classique du Quaternaire marocain et surtout si l'on peut adopter sans réserve ses implications morphogénétiques et ses corrélations avec la stratigraphie européenne.

I. — LA STRATIGRAPHIE CLASSIQUE ET SES DIFFICULTÉS

C'est entre les deux guerres que débutèrent au Maroc les études du Quaternaire, particulièrement sur la façade atlantique. Tandis que les paléontologues et les préhistoriens débrouillaient la complexité des sédiments marins anciens et des dunes littorales grésifiées (jusqu'alors attribuées indistinctement au Pliocène), les géomorphologues s'attachaient aux niveaux fluviatiles.

Un seul auteur (J. Bourcart, 1943) considère alors comme simple le Quaternaire marocain : après la régression villafranchienne, un cycle marin unique pendant la majeure partie de l'ère, suivi par l'épannage récent des limons « grimaldiens ». Par contre, tous les autres chercheurs reconnaissent la pluralité des transgressions marines et concluent dans un sens « déperétiste », les niveaux fluviatiles devant se raccorder aux plages anciennes (G. Lecointre 1926, Neuville et Ruhlmann 1941, J. Dresch 1941).

C'est également à cette époque qu'est mise en évidence l'influence des variations climatiques sur le modelé; dans le Sud-Ouest marocain, J. Dresch (1941) reconnaît deux familles de paysages hérités : des formes glaciaires et nivales dans le Haut Atlas, des glacis emboîtés semi-arides dans les plaines bordières.

La décennie 1950-1960 vit se multiplier le nombre des chercheurs et connut un véritable essor des études du Quaternaire. C'est alors que sont mises au point les stratigraphies marine et continentale ainsi que leurs corrélations. Pour la commodité de l'exposé ces deux stratigraphies seront examinées successivement, mais en fait leur élaboration fut menée de front, les relations entre continent et littoral étant précisées ou corrigées à mesure des acquisitions nouvelles.

A) LA STRATIGRAPHIE LITTORALE (Voir carte 1)

Elle fut définie sur la côte atlantique de la Meseta, domaine réputé stable où les dépôts consolidés des pieds de falaises façonnés par les diverses transgressions se tiennent à des altitudes remarquablement régulières, particulièrement aux alentours de Rabat, de Casablanca et au Cap Cantin. Finalement, les auteurs se sont accordés sur l'existence de six transgressions incontestablement quaternaires et ont admis une terminologie régionale proposée par P. Biberson (1958). Chaque transgression laisse généralement comme dépôt un poudingue mélangé de lumachelle et façonne quelquefois une falaise; chaque régression abandonne, comme témoins, des

sables coquilliers remaniés en dunes littorales ultérieurement grésifiées. Le tableau I résume nos connaissances du Quaternaire marin marocain, d'après les études les plus récentes (M. Gigout 1960a, P. Biberson 1961 et 1964, G. Choubert 1962, G. Lecointre 1963).

Conformément au schéma glacio-eustatique, chacune de ces transgressions est encadrée par deux régressions et correspond à un Interglaciaire européen. Naturellement, le problème reste entier de connaître la part du glacio-eustatisme vrai et celle d'un éventuel soulèvement épeirogénique continental.

Si l'existence et la succession stratigraphique des six transgressions n'est plus mise en doute, de sérieuses divergences apparaissent encore quant aux corrélations avec les niveaux marins méditerranéens. Ces divergences portent essentiellement sur deux points (tableau II) :

1°) *Le Messaoudien* :

Pour la plupart des auteurs (M. Gigout, G. Lecointre, P. Biberson), le Messaoudien est authentiquement la première transgression quaternaire et doit donc être parallélisé avec le Calabrien méditerranéen et par conséquent attribué au Villafranchien; les dépôts marins plus anciens qui couvrent une bonne partie de la Meseta littorale appartiennent alors au Pliocène. G. Choubert au contraire, considère ces dépôts anciens — le « Moghrébien » — comme déjà quaternaires et en fait l'équivalent du Calabrien; le Messaoudien devient alors un Sicilien I et le Maarifien un Sicilien II (ce Sicilien II correspondrait au Milazzien, étage méditerranéen transgressif autrefois nié mais récemment « réhabilité » par R. Selli, 1962). A vrai dire, l'étude des faunes n'apporte pas d'arguments décisifs et par ailleurs les relations entre Villafranchien continental et Messaoudien ne sont pas clairement connues; le débat reste donc ouvert.

2°) *Le Rabatien-Harounien et l'Ouljien* :

Les trois transgressions successives : Anfatién, Rabatien et Ouljien, furent très tôt assimilées au Tyrrhénien méditerranéen; l'Ouljien étant considéré comme contemporain de l'Interglaciaire Riss-Würm, l'Anfatién correspondait au Mindel-Riss tandis que le Rabatien-Harounien devenait un épicycle transgressif ou un simple stationnement du début de la régression rissienne. D'où les corrélations suivantes (G. Choubert, 1957 et 1959) :

Ouljien = Tyrrhénien II = Riss-Würm,	}	Mindel-Riss.
Rabatien-Harounien = Tyrrhénien Ib		
Anfatién = Tyrrhénien Ia		

La question fut renouvelée par P. Biberson (1961, 1962 et 1964) qui, s'appuyant sur les travaux de E. Bonifay et P. Mars (1959) en Méditerranée, proposa les corrélations suivantes :

Ouljien = Néotyrrhénien = Interstade Würm I-II,
Rabatien-Harounien = Eutyrrhénien = Interglaciaire Riss-Würm,
Anfatién = Paléotyrrhénien = Interglaciaire Mindel-Riss.

Depuis, la plupart des auteurs se sont ralliés à cette position (G. Choubert, 1962; G. Lecointre, 1963).

Cette nouvelle chronologie suscite d'ailleurs des difficultés. L'attribution de l'Ouljien à l'interstade

TABLEAU I

Le stratigraphie marine du Littoral Atlantique Marocain

Etages	Altitudes atteintes par les transgressions	Faunes malacologiques		Datation absolue (C ¹⁴)
		Espèces caractéristiques	Signification	
Mellahien	+ 2 m	<i>Cardium edule</i> <i>Patelles</i>	Faune actuelle	4010 ± 130 av. J.C.
Régression				
Ouljien	+ 5 - 8 m	<i>Purpura haemastoma</i> <i>Patella safiana</i>	Faune actuelle + quelques éléments "sénégalien"	
Régression				
Rabatien-Harounien	+ 18 - 20 m	<i>Purpura haemastoma</i> <i>Patella safiana</i>	Faune actuelle + quelques éléments "sénégalien"	
Régression ?				
Anfatien	+ 30 m	maximum transgressif { <i>Trochatella trochiformis</i> <i>Purpura haemastoma</i> <i>Patella safiana</i>	Faune chaude avec quelques éléments "sénégalien"	
		<i>Littorina littorea</i>	Faune froide "norvégienne"	
Régression		<i>Purpura plessissi</i> L	Faune en voie de refroidissement	
		?		
		<i>Littorina littorea</i> <i>Purpura lapillus</i>	Faune froide	
Maarifien	+ 50 - 60 m	<i>Trochatella trochiformis</i> <i>Acanthina crassilabrum</i>	Faune chaude "chilo-péruvienne" ou "sénégalienne"	
Régression				
Messaoudien	+ 90 - 100 m	<i>Trochatella trochiformis</i> <i>Acanthina crassilabrum</i>	Faune chaude "chilo-péruvienne" ou "sénégalienne"	

Würm I-II est discutable; les études de plus en plus détaillées du Würm, en Europe, multiplient stades et interstades dont on hésite à dire lequel a été le plus chaud, pouvant vraisemblablement correspondre à une transgression marine : serait-ce le Würm II-III = Gottweig ? (F. Bourdier, 1961), une phase Eoglaciale, les Mesoglaciales II ou IV (Y. Guillion, 1963) ?

Par ailleurs, nombre d'auteurs nient qu'un quelconque interstade du Würm ait été assez accentué pour engendrer une transgression au-dessus du zéro actuel (R. W. Fairbridge, 1962).

Au total, la difficulté des corrélations entre Maroc atlantique et Méditerranée provient du fait

que les faunes atlantiques apparaissent moins typiques, plus homogènes, que les faunes méditerranéennes. Ainsi le passage entre Pliocène et Quaternaire ancien est graduel au Maroc alors qu'il se marque en Méditerranée occidentale par une invasion de faune froide (Calabrien). De même, l'excellent repère paléontologique des Strombes n'existe pas au Maroc : toute corrélation entre Anfatiens - Rabatien - Ouljien et les niveaux tyrrhéniens peut alors paraître douteuse.

En fait, les faunes du Quaternaire marin marocain de la façade atlantique permettent seulement de distinguer trois périodes :

— Quaternaire ancien (Messaoudien, Maari-

LE QUATERNAIRE MAROCAIN

TABLEAU II

Quaternaire marin : Hypothèses sur les corrélations entre le Maroc Atlantique et l'Europe Méditerranéenne

Etages transgressifs du Maroc atlantique	Corrélation avec la Méditerranée et l'Europe				
	Quaternaire ancien : divergences		Quaternaire moyen-récent : 2 interprétations successives		Quaternaire très récent = accord
	Lecointre - Gigout - Biberson	Choubert	ancienne	nouvelle	
Mellahien					Versilien (= Flandrien)
Ouljien			Tyrrhénien II (Riss-Würm)	Néotyrrhénien (interst. Würm I-II)	
Rabatien - Harounien			Tyrrhénien I b (Mindel-Riss récent)	Eutyrrhénien (Riss-Würm)	
Anfatien			Tyrrhénien I a (Mindel-Riss ancien)	Paléotyrrhénien (Mindel-Riss)	
Maarifien	Sicilien	Sicilien II (= Milazzien)			
Messaoudien	Calabrien	Sicilien I			
Moghrebien	Pliocène	Calabrien			

fien) : faune chaude « chilo-péruvienne » où persistent des formes pliocènes;

— Quaternaire moyen (régression post-maarifienne et préanfatienne) : disparition des dernières formes pliocènes et apparition, à deux reprises au moins, d'une faune froide qui remplace ou domine la faune chaude du Quaternaire ancien;

— Quaternaire récent (Anfatien, Rabatien, Ouljien, Mellahien), mise en place de la faune actuelle d'où sont éliminées peu à peu les dernières formes « sénégaliennes ».

Sur les rivages au moins, les variations thermiques quaternaires paraissent avoir été amorties, comparées à celles que l'on reconnaît en Méditerranée et dans l'Europe du Nord-Ouest. A en croire les faunes marines, le Maroc atlantique n'a subi au Quaternaire qu'un seul rafraîchissement important : lors de la régression post-maarifienne.

B) LA STRATIGRAPHIE CONTINENTALE.

Proposée en 1956 (G. Choubert, F. Joly, M. Gigout, J. Marçais, J. Margat, R. Raynal) et précisée depuis par de multiples notes ou ouvrages, cette

stratigraphie s'appuie sur deux constatations :

— la présence fréquente dans la plupart des grandes vallées de cinq niveaux de terrasses et de versants, postérieurs au Villafranchien typique² et antérieurs au niveau actuel des oueds;

— la présence, dans les hautes montagnes marocaines de dépôts et de modelés hérités de type froid (glaciaires ou périglaciaires) qui paraissent synchrones de certains niveaux alluviaux.

De ces deux constatations établies par de multiples études, découlent une théorie morphogénétique et une tentative de corrélation avec l'Europe.

1) *Morphogénèse pluviale et interpluviale.*

Le Maroc a connu durant le Quaternaire des variations climatiques. Tantôt, les précipitations augmentaient tandis que les températures moyennes

2. Dans cet exposé, sans vouloir préjuger des corrélations chronologiques, nous nommerons « Villafranchien typique », les « sables rouges de la Mamora » du Maroc atlantique, le Moulouyen du Maroc oriental, et l'épandage le plus récent de la Hamada du Guir dans le Maroc du Sud-Est, décrits respectivement par G. Choubert (1957), R. Raynal (1961) et F. Joly (1962).

diminuaient (périodes pluviales), tantôt le climat devenait plus chaud et plus sec (périodes interpluviales).

Pendant les Pluviaux, les montagnes connaissaient des conditions froides et localement humides; la gélifraction était alors active et lors des dégels saisonniers les abondants débris transportés ennoyaient le fond des vallées et tapissaient le pied des versants. Durant les mêmes périodes les régions basses connaissaient, grâce à une pluviosité accrue, une météorisation active des roches et un renforcement des transports sur les versants (solifluxion ou ruissellement diffus selon les régions); alors se mettaient en place les dépôts de versant et s'élabo- raient les glacis voilés de colluvions qui se raccor- daient vers l'aval à des terrasses fluviatiles.

Lors du passage des conditions pluviales aux conditions interpluviales, l'aridité croissante per- mettait l'immobilisation du calcaire transporté en solution par le ruissellement superficiel, et les dépôts pluviaux s'encroûtaient. En même temps, la charge devenant moins importante (ralentisse- ment de la météorisation et du ruissellement dif- fus), les oueds entaillaient leur lit.

Au total, les périodes pluviales façonneraient les versants et édifieraient les terrasses fluviatiles tan- dis que les Interpluviaux engendreraient les croûtes puis les incisions linéaires.

2) *Corrélations avec l'Europe.*

De même qu'actuellement les temps frais et humides du Maroc correspondent à des temps froids et secs en Europe moyenne, il semble que les Plu- viaux aient correspondu aux Glaciaires européens (R. Raynal, 1953). La présence de dépôts glaciaires et périglaciaires dans les hautes montagnes maro- caines était cette hypothèse. Les Pluviaux seraient donc synchrones de Glaciaires alpins et, si l'on accepte l'hypothèse glacio-eustatique, contempo- rains des régressions marines. Au contraire, les Interpluviaux coïncideraient avec les Interglaciai- res européens et avec les transgressions marines.

Ainsi conçue, la stratigraphie quaternaire maro- caine assigne un nom aux divers pluviaux, distingue leurs dépôts caractéristiques et les parallélise à la chronologie pléistocène alpine (Tableau III).

Généralement admise, cette stratigraphie a néan- moins été critiquée ou complétée par certains auteurs :

a) *Attribution du Salétien.* ce niveau conte- nant, aux alentours de Rabat et dans le Rharb, une industrie de type Pebble culture évoluée (sembla- ble à l'Olduvayen), il serait à ranger dans le Villa- franchien supérieur ou terminal (P. Biberson, 1961).

TABLEAU III

Stratigraphie classique du Quaternaire continental Marocain

Pluviaux marocains	Glaciaires alpins	Dépôts (et sols)		Faunes continentales (selon C. Arambourg et P. Biberson) - Maroc atlantique		Industries lithiques (selon P. Biberson) Maroc Atlantique
		Facès	Signification climatique	Genres	Biotope	
Rharbien	Néo - Würm	Limons gris en partie "tirsifiés"	Climat légèrement plus humide que l'actuel	Faune actuelle		Historique Néolithique
Soltanien	Würm	Limons rouges sur cailloutis de base - Taches calcaires	Pluvial assez peu marqué	Fond subtropical - Arrivée d'espèces eurasiatiques "fraîches" (Ursidés, san- gliers, Cervidés)	Forêts ?	Ibero-Maurusien Atérien
Tensiftien	Riss	Cailloux abondants Croûte calcaire bien développée	Pluvial marqué Froid en montagne humide en plaine	Rhinocéros, <i>Equus</i> , <i>Bos primigenius</i> , Gazelles, Antilopes, Autruches	Savane ?	Acheuléen supérieur
Amirien	Mindel	Limons argileux rouges à petits cailloutis. Croûte rare taches calcaires sur tout le profil	Pluvial doux et humide	Faune subtropicale + Ours Bovidés, Cervidés - Escargots "lusitaniens"	Forêts	Acheuléen moyen et ancien
				Eléphant, Rhinocéros, Hippopotame, <i>Equus</i> , Gazelle	Savane plus ou moins arborée	
Salétien	Günz	Blocaille grossière croûte rare	Pluvial le mieux marqué, rigoureux et très humide	?		Pebble culture évoluée (contemporaine de l'Olduvayen)

Il est vrai que dans un domaine plus septentrional, le bassin du Rhône, F. Bourdier (1961) considère comme villafranchienne toute la période pléistocène antérieure à Mindel (= Amirien marocain). La limite supérieure du Villafranchien n'est pas encore clairement définie.

b) *L'étage Régréguien* : depuis longtemps on connaissait au Maroc une « 5^e haute terrasse » (6^e en fait si l'on compte le Rharbien) ou encore « terrasse de 150 m ». G. Choubert (1959) en a fait un niveau autonome, postérieur au Villafranchien typique ou supérieur (= Moulouyen) et antérieur au Salétien; il lui a donné le nom de Régréguien et considère que ce niveau a été façonné durant un pluvial post-Moulouyen (= Danube) et anté-Salétien (= Günz). D'ailleurs, pour rester dans la logique de l'hypothèse glacio-eustatique, G. Choubert reconnaît « qu'il manque une transgression » qui serait post-moulouyenne et pré-messaoudienne (le Messaoudien étant la transgression intercalée entre les Pluviaux Régréguien et Salétien). Quoi qu'il en soit, ce niveau régréguien a été décrit en dehors de la localité éponyme, dans le Rharb (J. Le Coz, 1964), dans le Rif (G. Maurer, 1962a) et dans la Basse Moulouya (A. Ruellan, 1962). D'autres auteurs par contre (R. Raynal et J. Tricart, 1964) n'accordent pas à la 5^e haute terrasse, la valeur d'une pulsation pluviale autonome; ils y voient l'effet d'un soulèvement tectonique qui aurait localement dédoublé le Moulouyen.

c) *La diversité régionale de l'évolution quaternaire* : toutes les grandes vallées ne sont pas pourvues des cinq ou six niveaux classiquement définis. Bien souvent, la terrasse amirienne manque, soit que ses dépôts fins aient été facilement déblayés, soit que le pluvial amirien — considéré comme peu marqué, doux — ait été particulièrement discret. Par contre, certains niveaux (définis par leurs caractères granulométriques et pédologiques) paraissent dédoublés; il existe ainsi deux Tensiftiens dans la plaine du Zébra (A. Ruellan, 1962) et M. Gigout (1957) décrit deux Soltaniens dans le bas Oum er Rbia et l'Oued Ksob : l'un ancien et cailloteux, l'autre récent et limoneux, séparés par un sol encroûté.

Il est certain que l'inventaire régional du Quaternaire continental perturbe la belle ordonnance du schéma classique.

d) *Le Pré-Soltanien* : P. Biberson (1961, 1964) constate que l'Atérien contenu dans les dépôts limoneux du Soltanien ne peut être parallélisé qu'avec le Paléolithique tout à fait supérieur de l'Europe; le Soltanien du Maroc atlantique ne représente donc pas tout le Würm, mais seulement sa partie la plus

récente, le Néoglaciale ou le Tardiglaciale, par exemple. Par ailleurs, considérant l'Ouljien (la transgression antérieure au Soltanien) comme l'équivalent du Néotyrrhénien méditerranéen, P. Biberson le raccorde à l'interstade Würm I-II. Il existerait donc au Maroc une pulsation pluviale postérieure à la transgression rabatiennne (Riss-Würm) et antérieure à l'Ouljien, contemporaine du Würm I (Eoglaciale ?) européen. Il nomme ce Pluvial « Présoltanien » et ses dépôts, dans la région de Casablanca, seraient des calcaires bréchoïdes roses accompagnés d'une croûte calcaire.

Cette nouvelle stratigraphie du Quaternaire récent a été adoptée par G. Lecoindre (1963) et citée par G. Choubert (1962).

Au total, après ces travaux récents, la stratigraphie globale du Quaternaire marocain est légèrement différente de celle proposée en 1956 mais ses fondements génétiques (attribution des sédiments continentaux et des régressions marines aux Pluviaux, transgressions marines et creusements fluviaux lors des Interpluviaux) restent inchangés (Tableau IV). Telle quelle, elle rend de précieux services aux divers spécialistes des sciences de la Terre en leur permettant de différencier et de nommer commodément les niveaux, les dépôts et les sols quaternaires du Maroc.

Aussi utile soit-elle, cette stratigraphie suscite néanmoins quelques difficultés d'interprétation et laisse subsister des obscurités.

a) *Le raccord entre niveaux continentaux et niveaux littoraux*. — D'après les auteurs, la sédimentation continentale, pluviale, est contemporaine des régressions marines. Dans les vallées des fleuves exoréiques débouchant sur un plateau continental de pente suffisante il devrait donc exister, conformément aux hypothèses de Trévisan, un point (ou zone) neutre où s'arrête l'alluvionnement climatique d'amont et où commence le creusement eustatique d'aval. De même, devrait-on constater pour chaque Interpluvial un semblable point neutre entre l'incision continentale et le remblaiement eustatique.

Dans la Basse Moulouya, R. Raynal (1961) a décrit un point d'inflexion où la croûte la plus récente plonge sous les alluvions d'une terrasse eustatique. Mais à notre avis, la croûte n'a pas la valeur d'une terrasse climatique et il peut s'agir d'un dépôt de versant qui ravine l'accumulation fluviale continentale : la simultanéité du creusement continental et du remblaiement eustatique n'est donc pas établie sûrement.

Par ailleurs, M. Gigout (1957) a vu, dans la basse vallée du Bou Regreg, la terrasse rharbienne s'abaisser jusqu'au zéro actuel et disparaître. En

TABLEAU IV

Corrélations classiques entre les stratigraphies continentale et marine du Quaternaire Marocain

Stratigraphie continentale		Stratigraphie marine	
Corrélation avec la stratigraphie alpine	Niveaux pluviaux	Transgressions (= Interpluviaux)	Corrélations avec la Méditerranée et l'Europe
Episode frais post-Flandrien non défini	Rharbien		
		Mellahien	Versilien (Flandrien)
Würm récent ?	Soltanien		
		Ouljien	Néotyrrhénien ? (= Interstade Würm I-II)
Würm I ?	Pré-Soltanien ?		
		Rabatien-Harounien	Eutyrrhénien ? (= Interstade Riss-Würm)
Riss	Tensiftien		
		Anfatien	Paléotyrrhénien (Interglaciale Mindel-Riss)
Mindel	Amirien		
		Maarifien	Sicilien (Sicilien II ?, Milazzien ?)
Günz	Salétien		
		Messaoudien	Calabrien ? Sicilien I ?
?	Régréguien ?		
		Pas de transgression connue	
Danube ?	Moulouyen		

Point d'interrogation = pas d'accord explicite ou divergence entre les auteurs.

fait, les alluvions grises récentes sont entaillées par de multiples niveaux d'érosion, de crue et de marée, qui donnent l'illusion de la plongée de cette terrasse sous le niveau marin.

Ainsi, non seulement l'hypothétique point ou zone neutre de Trévisan n'a jamais été observé, mais encore les auteurs n'ont jamais pu montrer que les terrasses continentales se reliaient à des mers en régression.

b) *Le raccord entre dépôts froids montagnards et dépôts pluviaux des plaines.* — Les périodes pluviales se manifestaient par une morphogénèse froide en haute montagne et par une recrudescence du ruissellement pluvial dans les zones basses, capable localement d'élaborer des glacis. Il est donc logique que, dans un même bassin hydrographique, les accumulations glaciaires ou fluvio-péglaciaires d'amont se raccordent aux glacis-terrasses d'aval.

Ce raccord n'a été montré que pour les montagnes atlasiques et les bassins semi-arides de l'Est et du Sud-Est marocain : pressenti pour le Quaternaire ancien et récent, il paraît seulement certain pour le Tensiftien (R. Raynal, 1961, F. Joly, 1962). Mais jamais ce raccord n'a été observé sur la façade atlantique du Maroc : la liaison entre les dépôts froids des hautes montagnes et les accumulations continentales des bas-pays atlantiques n'est pas établie. Par ailleurs, les indices de façonnement périglaciaire relevés çà et là dans les dépôts de ces bas-pays atlantiques paraissent douteux et peuvent toujours être attribués à d'autres causes que le gel. De même, les poches de solifluxion découvertes dans le Salétien éponyme (P. Biberson, 1961) sont d'interprétation discutable : comme il s'agit d'un épannage fluvial, l'évolution par solifluxion n'a pu être qu'un remaniement postérieur au dépôt.

c) *La place respective de la pédogenèse et de la morphogénèse.* — La pédologie marocaine ne s'est pas développée à l'écart des hypothèses morphologiques, bien qu'il s'agisse d'une pédologie le plus souvent orientée vers des buts pratiques : cartographie des sols et expérimentations en vue de la mise en valeur agricole. Cependant, certaines insuffisances sont liées à cette vocation essentiellement utilitaire de la pédologie marocaine : recherches fondamentales souvent négligées (particulièrement en ce qui concerne les phénomènes physico-chimiques de l'évolution des sols : rubéfaction, concentration en calcaire, argilogenèse, transformation de la matière organique) et bibliographie limitée ou dispersée en de nombreux rapports à tirage limité destinés aux administrations.

Quelle que soient ces insuffisances, on ne trahit pas les auteurs en les séparant en deux tendances qui se sont souvent opposées :

— une tendance « classique », à laquelle on doit les premières études pédologiques au Maroc et de nombreux progrès récents; particulièrement dirigée par G. Aubert et G. Bryssine, elle fut aussi largement influencée par les idées de la seconde tendance. Cette école classique a longtemps soutenu que le développement des divers types de sol était un phénomène essentiellement actuel, par conséquent à mettre en relation avec le milieu actuel, spécialement avec le climat. Considérant que les sols résultent surtout de l'évolution verticale à partir d'un matériau antérieurement mis en place, la tendance classique n'a su distinguer dans les profils pédologiques ni les superpositions de dépôts quaternaires, ni les pédogenèses fossiles successives. Ainsi, tout contraste physique ou chimique entre deux horizons d'un dépôt superficiel était systématiquement rapporté, dans cette optique, à une évolution pédologique actuelle.

— une tendance « géomorphologique », surtout exposée dans les travaux de A. Pujos (1957), qui soutient au contraire que la pédogenèse actuelle est négligeable. Durant le Quaternaire, les sols auraient évolué pendant les périodes pluviales dans des conditions climatiques différentes des conditions actuelles; chaque Pluvial serait caractérisé par

une pédogenèse particulière (par exemple, croûte et encroûtement calcaires du Tensiftien, rubéfaction du Soltanien, noircissement du Rharbien inférieur). Du coup, les divers horizons d'un dépôt superficiel deviennent autant d'apports sédimentaires pluviaux superposés, chacun ayant conservé les caractères de la pédogenèse qui l'a affecté avant qu'il ne soit tronqué par l'érosion et fossilisé par un dépôt ultérieur.

Cependant, depuis quelques années, les points de vue se sont rapprochés; en particulier, l'école « classique » admet maintenant l'ancienneté de nombreux sols et l'existence de sols « polyphasés » constitués par des dépôts et des pédogenèses successifs.

Au total, l'idée s'est dégagée que les sols étaient des héritages des périodes pluviales et qu'à chaque niveau continental correspondrait, pour une région donnée, un certain type de sol. La plupart des morphologues ont systématisé cette idée en incluant dans les coupes types des dépôts quaternaires des caractères pédologiques tels que les variations de couleur, de texture, de structure et de concentration en calcaire. Cela revenait à considérer que la pédogenèse était contemporaine de la sédimentation continentale, lors des Pluviaux. Certains morphologues n'hésitent pas à envisager cette simultanéité (R. Raynal et J. Tricart, 1964); cependant la plupart des pédologues du Maroc pensent que la pédogenèse est nécessairement postérieure à la mise en place des dépôts morphologiques (A. Ruelan, 1964a, J. Wilbert, 1964).

Nombre de sols sont incontestablement évolués : l'allure de leur profil calcaire, leur fréquente rubéfaction et l'enrichissement en argile de certains de leurs horizons (avec ou sans argilogenèse) le prouvent. Une telle pédogenèse ne peut être rapide, suppose des conditions climatiques assez humides et ne peut avoir lieu que sous un couvert végétal suffisant et sur des matériaux relativement stables; si la reptation et, à la rigueur, la solifluxion modérée sont compatibles avec les lentes transformations pédogénétiques, le ruissellement généralisé, responsable du façonnement des niveaux continentaux, ne l'est pas. Les transports actifs sur les versants étant attribués aux Pluviaux, les périodes calmes de pédogenèse seraient-elles alors à rapporter aux Interpluviaux? Cela reviendrait à dire que ces Interpluviaux ont été assez humides pour susciter de puissantes transformations physiques et chimiques, ce qui ne semble pas logique pour la plupart des régions.

En outre, deux constatations sont d'interprétation difficile :

— la rubéfaction homogène de certains dépôts sur de grandes épaisseurs fut d'ordinaire interprétée comme le témoignage d'une pédogenèse « rubéfiante » contemporaine de la sédimentation; il paraît plus logique de penser que cette pédogenèse

fut antérieure au dépôt, ce qui revient à dire que le dépôt est « lithochrome »;

— les concentrations et les croûtes calcaires qui se tiennent à la partie supérieure de certains niveaux quaternaires ont été décrites comme un des éléments caractéristiques du dépôt morphologique et le plus souvent interprétées comme un dépôt finipluvial dû au ruissellement superficiel; mais un tel dépôt suppose que le ruissellement d'eaux chargées en calcaire a été généralisé ce qui ne laisse pas d'étonner quand on observe des croûtes sur les contre-pentes des micro-reliefs qui accidentent les niveaux quaternaires ! D'autre part il est malaisé d'imaginer que le ruissellement diffus fonctionnait de manière intense et généralisée au moment même où les oueds mieux concentrés commençaient de creuser (passage Pluvial - Interpluvial).

De telles difficultés obligent à reconsidérer les conditions bioclimatiques de l'évolution pédologique, à rechercher la place et la part respective de la morphogenèse et de la pédogenèse dans la stratigraphie continentale quaternaire comme dans les dépôts hérités.

d) *L'importance des pulsations pluviales.* — Capables d'engendrer localement de puissantes accumulations sédimentaires, les Pluviaux ont dû être, comparés aux Interpluviaux, des crises climatiques assez marquées, plus ou moins froides dans les montagnes, fraîches et humides dans les basses-pays. Or, les faunes quaternaires du littoral atlantique n'enregistrent pas de telles variations : jusqu'au Quaternaire récent (voir tableau III) c'est une faune tropicale ou subtropicale qui subsiste au Maroc. Eléphants, Hippopotames, Rhinocéros, Equidés et Gazelles évoquent un paysage de steppe ou de savane plus ou moins arborée, sans bouleversement durant toute la période post-villafranchienne (P. Biberson, 1961). Peut-être faut-il mettre sur le compte de la douceur atlantique cette stabilité des faunes. Mais alors on ne comprend plus pourquoi les niveaux continentaux bien déboîtés, témoignages de variations climatiques, existent jusque dans le Maroc atlantique.

Les seules modifications faunistiques notables se placent au Soltanien et à l'Amirien supérieur. L'apparition au Soltanien d'Ursidés, de Sangliers et de Cervidés eurasiatiques peut s'expliquer par le rôle de refuge qu'a dû jouer le Sud-Méditerranéen pour les faunes tempérées chassées d'Europe moyenne par les rigueurs du Néoglaciare. Par contre, il est remarquable qu'aux faunes continentales fraîches de l'Amirien (Ours, Bovidés, Cervidés, escargots de type lusitanien) correspondent les seules invasions de faunes marines froides (P. Biberson, 1961). On serait donc tenté de faire de l'Amirien le

Pluvial le mieux marqué, le plus frais ou froid du Quaternaire. D'ailleurs F. Bourdier (1961) fait du Mindel le Glaciaire le plus accentué du bassin du Rhône. Or, les auteurs marocains considèrent au contraire l'Amirien comme un pluvial doux, très peu marqué.

De même, il est contradictoire que le Tensiftien — Pluvial considéré comme rigoureux — ait vu subsister sur la côte atlantique une faune subtropicale banale.

La divergence entre observations morphologiques et relevés paléontologiques est difficilement explicable, quelle que soit la souplesse d'adaptation que l'on prête aux associations animales.

e) *Les différenciations régionales.* — Un aperçu rapide de la morphogenèse actuelle au Maroc fait apparaître de forts contrastes régionaux. Aux hautes montagnes, domaine de la cryoclastie, du ruissellement modéré ou de la solifluxion, s'opposent les provinces semi-arides de l'Est et du Sud où une végétation lâche ou rare permet un ruissellement diffus encore actif sur des sols minces. Le Maroc du Nord-Ouest, originellement pourvu d'un tapis dense connaît au contraire la reptation et la solifluxion, réparties de manière fort nuancée; le ruissellement actif — diffus et concentré — y est lié à des roches très meubles (argiles du Trias, par exemple) et aussi au déboisement, qui expose les sols à l'érosion.

Il paraît donc *a priori* étonnant que l'installation de conditions pluviales (froid en montagne, humidité renforcée dans les régions basses) sur des régions vraisemblablement déjà fort contrastées au point de vue morphobioclimatique, ait engendré partout et au même moment des conséquences semblables : météorisation accrue, transports et façonnement accélérés sur les versants, remblaiement dans les vallées.

De tels problèmes, insolubles dans le cadre de l'explication morphogénétique classique, méritaient de nouvelles observations.

II. — LES OBSERVATIONS NOUVELLES

La chronologie quaternaire marocaine fut mise au point à partir d'observations faites sur le littoral atlantique, en ce qui concerne la stratigraphie marine, et dans les régions sèches de la Moulouya et de la Daoura, pour ce qui est de la stratigraphie continentale. Depuis, le champ d'observation s'est déplacé, embrassant les régions relativement humides du Nord-Ouest marocain (Rif et Prérif, Rharb, Plateau Central), les basses vallées des grands fleuves, les plaines et montagnes méditerranéennes du

Nord-Est (Zébra, Triffa, Beni-Snassen). Ces terrains d'étude nouveaux ont permis des observations qui enrichissent notre connaissance du Quaternaire marocain.

A) L'INVENTAIRE MORPHOLOGIQUE DES BASSES VALLÉES EXORÉIQUES.

L'examen de ces basses vallées est d'un intérêt capital puisqu'on peut espérer y voir comment se fait le raccord entre dépôts continentaux et formations eustatiques.

Une première constatation s'impose : de manière

générale, les terrasses fluviales quaternaires (dans lesquelles s'imbriquent latéralement des dépôts de versant) se tiennent perchées au-dessus des embouchures sauf, toutefois, le niveau soltanien qui s'abaisse et disparaît dans les estuaires; il est par conséquent difficile de relier ces niveaux à des mers régressives. Bien plus, il est souvent possible de les raccorder à des plages marines anciennes; tantôt, comme dans l'oued Mellah (G. Beaudet, J. Desombes, A. Jeannette, G. Maurer, 1960), ou dans l'oued Lao (G. Beaudet et G. Maurer, 1961), ce raccord est topographique, les niveaux fluviaux se terminant à la même altitude et à proximité des terrasses marines, tantôt le raccord est sédimentaire

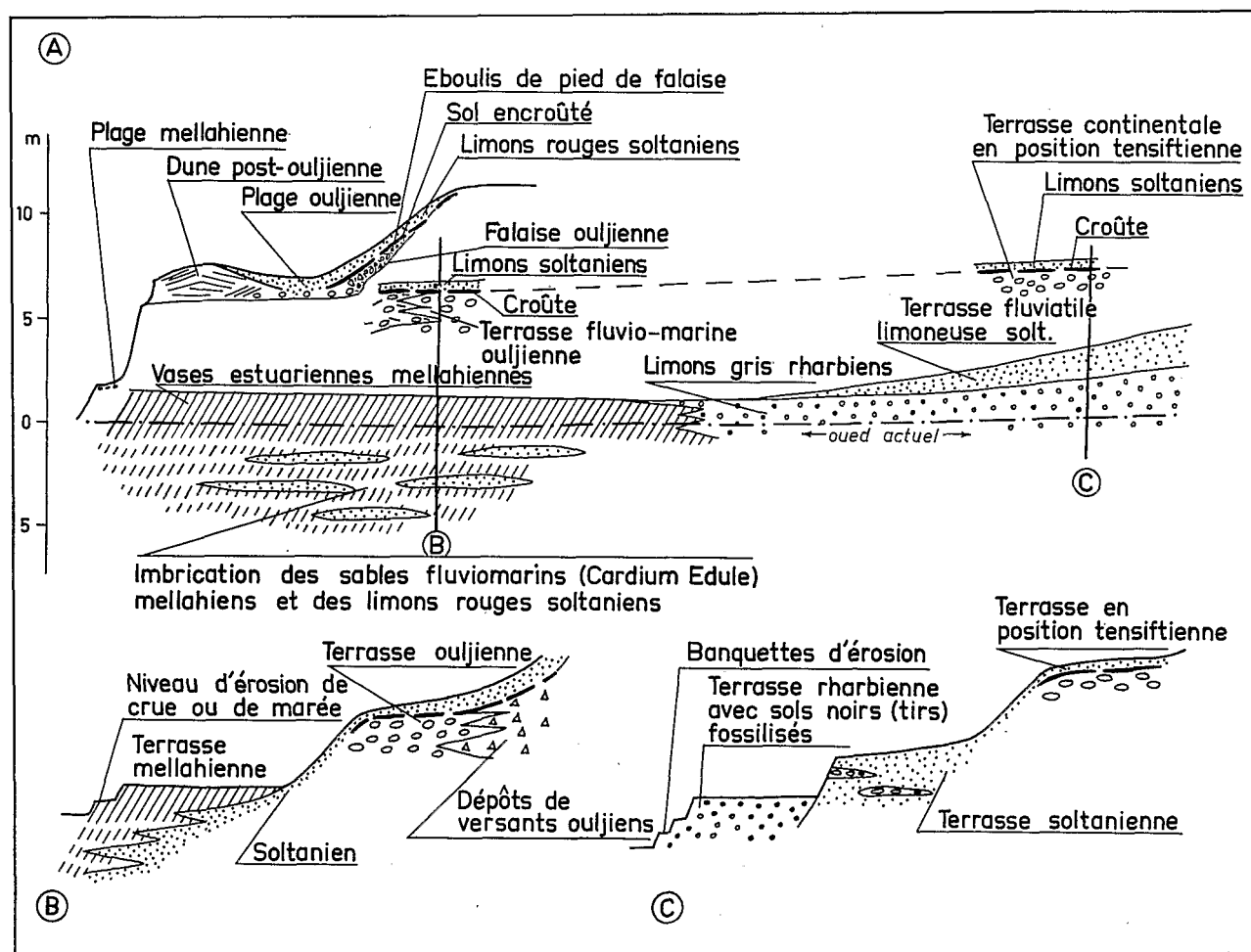


FIGURE 1

Rapports schématiques entre les formations marines et continentales du Quaternaire récent dans les basses vallées marocaines.

A : Profils en long rapportés des formations des basses vallées exoréiques; B : Coupe transversale dans les estuaires; C : Coupe transversale quelques kilomètres en amont.

comme dans l'oued Tensift (G. Beaudet, A. Jeanette, J. P. Mazeas, 1964) où les alluvions continentales s'interstratifient avec les poudingues et lumachelles fluviomarins. Il est donc logique de penser qu'à l'aval des vallées exoréiques les remblaiements alluviaux et la mise en place des dépôts de versant sont contemporains des transgressions marines.

Malheureusement, les restes de ces niveaux anciens sont le plus souvent discontinus, fréquemment interrompus sur de grandes distances par des gorges. En outre, sur le pourtour du Rif, ils sont habituellement déformés à proximité du littoral. Leur raccord avec les niveaux continentaux de l'arrière-pays est donc hypothétique.

Cependant, les bas niveaux sont presque toujours bien conservés, ininterrompus et non déformés. Leur étude, riche d'enseignement, permet les constatations suivantes (figure 1) :

1°) A quelques kilomètres en amont des embouchures les vases estuariennes bleuâtres du Mellahien, constituant une petite banquette surélevée de 1-2 m par rapport au lit de l'oued, s'interstratifient avec les limons sablonneux gris ou crèmes du Rharbien. L'épandage rharbien terminal recouvre généralement les dernières vases mellahiennes. La banquette mellahienne d'aval est presque horizontale, moins pentée que l'oued actuel; au contraire, vers l'amont, la pente de la terrasse rharbienne est plus forte que celle de l'oued, si bien que le niveau rharbien a fréquemment un commandement de 3 à 8 m.

2°) A l'embouchure, les sondages et quelques coupes superficielles permettent de constater que les limons rouges soltaniens (lentilles fluviatiles et colluvions) s'imbriquent avec les sables marins et les vases du Mellahien inférieur à *Cardium edule*. Dans l'oued Mellah, cette imbrication est réalisée sur 20 m au moins; il est remarquable qu'elle cesse au niveau des vases estuariennes du Mellahien supérieur. Au total, les limons rouges soltaniens se sont mélangés au Mellahien inférieur jusqu'à l'altitude actuelle de — 2 m à 0 m environ.

3°) A quelques kilomètres en amont des estuaires apparaît au niveau du Rharbien puis se déboîte une terrasse soltaniennne rougeâtre constituée généralement de limons alluviaux dans lesquels s'interstratifient quelques lentilles de galets. Comme partout dans l'arrière-pays, cette disposition suppose l'existence d'une phase d'incision fluviatile post-soltaniennne et pré-rharbienne. Le Soltanien, interstratifié à l'aval dans le Mellahien inférieur, a donc été entaillé à l'amont avant que se déposent les alluvions du Mellahien supérieur - Rharbien.

4°) La terrasse d'amont en position tensiftienne (c'est-à-dire immédiatement plus haute que la terrasse soltaniennne) se raccorde vers l'aval à la terrasse fluviomarine ouljienne et aux dépôts de plages du pied de la falaise ouljienne (G. Beaudet et G. Maurer : observation inédite sur le bas Oum er Rbia). La partie supérieure de son dépôt est donc à peu près contemporaine du maximum de la transgression ouljienne.

5°) La croûte calcaire la plus récente occupe toujours la même position stratigraphique :

— sur la falaise morte ouljienne, elle imprègne un sol développé sur des éboulis et dépôts grossiers (M. Gigout, 1957);

— vers l'intérieur, elle couronne et recoupe les alluvions

de l'Ouljien (fluviomarine) et du « Tensiftien » (continental); — souvent, cette croûte est recouverte ou remaniée (sur les pentes) par les colluvions soltaniennes.

Placée entre les formations contemporaines des transgressions (l'Ouljien et le Soltanien-Mellahien inférieur) la dernière croûte doit par conséquent être rapportée à une période où le niveau marin était déprimé (régression post-Ouljienne).

Ces observations stratigraphiques permettent une reconstitution des phases successives de la morphogénèse et de la pédogénèse dans le cours inférieur des vallées exoréiques :

— Durant la transgression ouljienne, tandis qu'est sapée une falaise, des alluvions s'accumulent dans les basses vallées, interstratifiées avec des dépôts limono-caillouteux de versant.

— Pendant la régression post-Ouljienne, des éboulis adoucissent le pied de la falaise morte ouljienne (3) sur lesquels se développe un sol qui s'encroûte. Durant cette même régression, des sables de plage coquilliers sont remaniés en dunes bientôt grésifiées qui recouvrent la plateforme d'abrasion ouljienne. Lors de cette même période, les basses vallées sont incisées et, sur leurs versants, se développent des sols rouges qui s'encroûtent. Ces sols rouges correspondent au « limon-sol » (M. Gigout, 1960 a et b) ou aux « limons autochtones » d'autres auteurs.

— Durant une partie de la transgression mellahienne, les formations soltaniennes se mettent en place. Constituées pour une part d'alluvions longitudinales d'amont, elles résultent aussi de l'entraînement et de l'accumulation colluviale — alluviale de la partie superficielle des sols rouges des versants post-ouljien. Vers l'aval, ce remblaiement continental soltanien s'interstratifie avec les dépôts fluviomarins de la transgression du Mellahien inférieur.

— Tandis que cesse dans les embouchures l'épandage des limons soltaniens, ce même niveau est entaillé par les oueds à l'amont.

— Au Mellahien supérieur les estuaires sont remblayés de quelques mètres de vases qui, vers l'amont, s'imbriquent dans les alluvions limono-sablonneuses rharbiennes comblant partiellement les entailles post-soltaniennes.

— Ce dernier niveau Mellahien supérieur — Rharbien est incisé de quelques mètres par le creusement fluviatile subactuel.

Quelques travaux récents assignent des dates précises à certains épisodes de cette évolution.

Dans le bas Sebou, la base des alluvions sablo-limoneuses rharbiennes contient des vestiges puni-

3: Il est improbable que ces éboulis, très hétérométriques, aient une signification climatique particulière; il s'agit bien plutôt d'une réadaptation banale d'un versant raide dont le pied n'est plus sapé par la mer.

ques du V^e siècle avant J. C. tandis que leur partie supérieure recouvre des ruines romaines (J. Dresch et J. Le Coz, 1960). De même dans le bas Bou Regreg, la partie supérieure du Rharbien contient des fragments de charbon datés 800 ± 200 ans B.P. par le C¹⁴, ce qui attribue ces alluvions aux XII^e s. après J. C. environ (M. Gigout, 1959). Le Rharbien est donc un niveau très récent, accumulé pendant les périodes proto-historique et historique de la chronologie marocaine. Le Mellahien supérieur auquel se raccordent les alluvions rharbiennes, est donc à peu près contemporain du Rharbien, peut être très légèrement antérieur puisque les dernières alluvions rharbiennes surmontent les vases estuariennes les plus récentes.

La lumachelle mellahienne littorale de Miramar (environs de Rabat) a été datée de 4010 ± 130 ans avant J. C. et peut donc être considérée comme contemporaine de l'optimum climatique Atlantique d'Europe (M. Gigout, 1959). Elle marque probablement le sommet de la transgression du Mellahien inférieur 2 m environ au-dessus du zéro actuel.

Autrement dit, l'épisode rharbien des basses vallées doit être considérablement rajeuni par rapport à l'âge proposé par la stratigraphie classique (Néo-Würm). En gros, il doit être rapporté à l'extrême fin du Subboréal et à la première partie du Subatlantique de la chronologie européenne.

De même, le Soltanien des basses vallées doit être rapproché de l'actuel; contemporain d'une partie de la transgression du Mellahien inférieur, son dépôt était terminé antérieurement à 4000 avant J. C. Il serait contemporain du Tardiglaciaire et des périodes Pré-boréal et Boréal d'Europe. Cette attribution n'est pas contredite par la datation de l'Ibéromaurusien (industrie du Soltanien supérieur) de la grotte de Taforalt : 8 000 à 10 000 ans avant J. C. (J. Roche, 1953 et 1958). Il est de toute manière exclu que le Soltanien représente à lui seul l'équivalent de tout le Würm européen dans les basses vallées exorétiques.

B) PRÉCISIONS CONCERNANT LE QUATERNAIRE CONTINENTAL.

Là encore, de nouvelles observations faites dans les plaines et les moyennes montagnes du Maroc atlantique, permettent de nuancer la stratigraphie classique.

1) La signification des formes et des sédiments continentaux.

A travers le Maroc, l'allure et la nature des ver-

sants hérités du Quaternaire varient considérablement. Les conditions morphologiques générales (résistance et disposition des roches, importance de la reprise d'érosion post-villafranchienne) ne sont évidemment pas partout les mêmes, ce qui rend aléatoires les comparaisons; cependant on constate que dans les domaines secs du Sud-Est et de l'Est les glacis d'érosion sont particulièrement développés, vastes versants plans souvent couverts de dépôts se raccordant à l'aval à des alluvions fluviales. Le modelé des versants du Maroc atlantique est plus varié: si les glacis d'érosion sont encore bien représentés, ils sont parfois remplacés par des versants concaves construits de colluvions limono-caillouteuses et l'étagement des niveaux est par endroits incomplet. Si l'on attribue le façonnement de tous les versants aux périodes pluviales, il est paradoxal de constater que les niveaux quaternaires sont plus nets, mieux développés, dans les régions semi-arides que dans les pays plus humides.

De même, à l'échelle des massifs circonscrits du Maroc atlantique, il est intéressant de voir que les niveaux quaternaires sont d'autant plus développés que le secteur envisagé est plus sec. Ainsi, dans le Plateau Central, les glacis d'érosion emboîtés n'existent que dans les bassins semi-arides; dans d'autres bassins plus élevés et plus humides, ces glacis n'existent plus ou sont atrophiés; ils font place à de courts versants concaves d'ennoyage parfois mal déboîtés. Or, si l'on admet que dès le Quaternaire les diverses régions marocaines étaient climatiquement différenciées, ce qui est probable, il est malaisé d'expliquer pourquoi les secteurs les plus arrosés n'ont pas évolué de manière plus marquée, les Pluviaux ayant dû se traduire par des conditions plus fraîches et plus humides qu'ailleurs, donc, selon la conception classique, par une morphogénèse plus active que partout ailleurs.

D'autre part, des observations faites auprès d'Azrou, dans le Plateau central, sont troublantes (fig. 2). A l'aval d'une coulée de basalte datant du Quaternaire moyen un oued est bordé de deux niveaux alluviaux principaux; l'un pouvant être attribué classiquement au Tensiftien, est construit d'un ennoyage colluvial — alluvial rouge pâle de limons et de cailloutis schisteux — issus de la crête primaire voisine — auxquels se mêlent quelques galets de basalte non altéré; l'autre, à rapporter au Soltanien d'après sa position, est fait d'un remblaiement de sables argileux rouges foncés et de galets altérés provenant de la coulée basaltique. Il est par conséquent probable que la phase d'altération pédogénétique qui a transformé les basaltes frais en basaltes altérés est contemporaine de l'intervalle Tensiftien-Soltanien, c'est-à-dire à peu près contemporaine du creusement fluvial intermé-

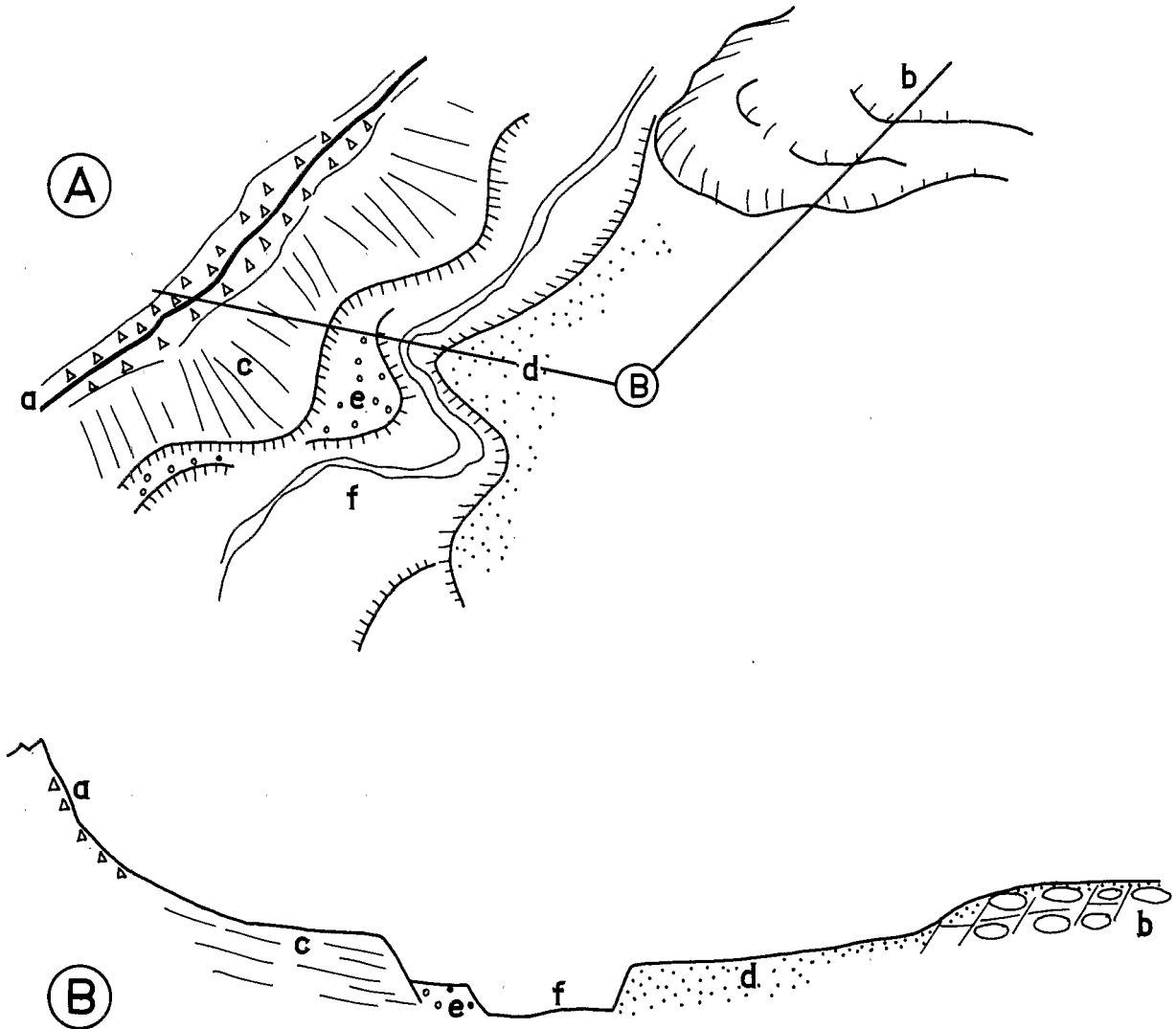


FIGURE 2

Coupe de la vallée de l'oued Tigrigra à 3,5 km au NW d'Azrou.

A : Plan schématique; B : Coupe transversale. a : Crête grés-schisteuse primaire; b : Coulée de basalte du Quaternaire moyen, altérée en surface; c : Versant concave et terrasse du Tensiftien : englobe du basalte frais; d : Soltanien = alluvions rouge sombre remaniées du basalte altéré; e : Rharbien; f : Lit de l'oued.

diaire. Dès lors, on est en présence de deux possibilités :

a) les épandages colluviaux-alluviaux sont pluviaux (ce qui est la position classique); mais alors comment expliquer que l'interpluvial soit suffisamment humide pour permettre l'altération des basaltes et que les Pluviaux aient engendré des épandages par ruissellement diffus (lesquels supposent une végétation claire) ?

b) les épandages colluviaux-alluviaux de cette région datent de phases relativement sèches durant lesquelles la végétation était éclaircie; l'altération des basaltes et le creusement fluvial prennent alors place durant une période humide intermédiaire.

La seconde hypothèse paraît plus raisonnable; il est en effet douteux que les Pluviaux du Quaternaire récent aient été assez froids pour éclaircir la végétation à 1 200 m d'altitude dans le Maroc atlantique, ce qui serait en contradiction avec la nature des dépôts (aucune trace de gélifraction ni de cryoturbation) et celle du couvert végétal actuel (formation à chêne vert; dans le Moyen Atlas proche, la limite supérieure de la forêt actuelle se tient vers 2 200 m).

Il est donc vraisemblable que, dans les plaines

et les moyennes montagnes du Maroc atlantique, les périodes plus sèches aient connu sous un couvert végétal éclairci, l'érosion et l'épandage colluvial et alluvial d'une partie des sols précédemment constitués.

2) *La répartition géographique des niveaux quaternaires*

On a déjà vu que la disposition des niveaux quaternaires dans les grandes vallées, était bien plus capricieuse que ne l'entendait la stratigraphie classique (cf. p. 271). Toutefois, il semble que dans le Maroc atlantique, cette diversité de la répartition des terrasses pléistocènes s'organise de manière géographique le long des oueds principaux. Ainsi, sur le cours de l'oued Beht on observe les étagements suivants :

- partie amont (Bassin de Souk el Had des Aït Lias); de haut en bas :
 - Villafranchien,
 - Quaternaire ancien, très rouge, remaniant de nombreux galets du Villafranchien,
 - Tensiftien, limono-caillouteux, rouge pâle,
 - Soltanien, limoneux, rouge,
 - Rharbien, limono-sableux, gris-crème;
- partie moyenne (bassin d'Ouljet-es-Soltane); de haut en bas :
 - Villafranchien,
 - Salétien (?) : limons argileux rouges à galets issus du Villafranchien,
 - Amirien (?) : limons rouges à galets assez abondants;
 - Tensiftien : limons sablonneux rouges pâles à cailloutis et galets,
 - Soltanien : limons argileux rouges à galets assez rares,
 - Rharbien : limons sablonneux crèmes avec quelques lentilles de galets à la base;
- partie aval (bassin de Souk el Arba) de haut en bas :
 - Villafranchien,
 - Régréguien (?) : formation argilo-calcaire à rares cailloutis, remaniée en surface par une croûte ou un encroûtement à taches noirâtres d'origine organique,
 - Salétien (?) : limons argileux rouges sombres à galets abondants,
 - Amirien (?) : limons sablonneux rouges à cailloutis et galets,
 - Tensiftien : limons rouges pâles à cailloutis et galets; ses conglomérats sont encroûtés,
 - Soltanien : limons argileux rouges, terrasse mal déboîtée,
 - Rharbien : limons gris ou crèmes à rares cailloutis.

Donc, à mesure que l'on va vers l'aval du réseau hydrographique, le système des niveaux quaternaires s'enrichit, ce qui est également valable pour certains grands oueds rifains. Autrement dit, les bas-pays d'aval paraissent avoir enregistré, dans leurs formes et leurs dépôts, davantage d'alternances climatiques que les hauts pays d'amont. Comme il est probable que ces variations clima-

tiques quaternaires affectaient aussi bien les montagnes d'amont que les plaines d'aval, cela revient à dire que leurs conséquences morphologiques n'étaient pas les mêmes dans les différentes parties des bassins hydrographiques : au Quaternaire ancien les bas-pays d'aval ont connu des périodes de remblaiement tandis que le creusement se poursuivait à l'amont.

Par ailleurs, l'allure des dépôts de chacun des niveaux ne correspond pas aux descriptions classiques. Les formations les plus grossières — semblables au Salétien de l'Est et du Sud-Est — appartiennent au Villafranchien dans le Maroc atlantique; le Salétien (défini par sa position dans l'étagement classique) est par contre généralement assez fin, tandis que l'Amirien (immédiatement plus élevé que le Tensiftien) est au contraire souvent caillouteux. Or, on l'a vu, les auteurs de la stratigraphie continentale marocaine décrivent un Salétien blocailleux et un Amirien argilo-limoneux.

Par la disposition géographique de ses niveaux et par la nature de ses dépôts quaternaires, le Maroc du Nord-Ouest apparaît donc différent du Maroc sec de l'Est et du Sud-Est.

3) *Les enseignements tirés des industries lithiques du Quaternaire récent*

G. Choubert (1962) a relevé les obscurités concernant les industries préhistoriques marocaines contemporaines du Würm européen. Alors que les industries européennes et marocaines sont à peu près synchrones durant le Quaternaire ancien et moyen (P. Biberson, 1961), il existe de troublantes divergences lors du Quaternaire récent, dont pourtant les dépôts sont mieux conservés.

Tout d'abord, l'équivalent régional du Moustérien n'a jamais été reconnu de manière évidente au Maroc. Cependant, P. Biberson (1961) décrit près de Casablanca, dans les brèches roses qu'il rapporte au Pré-soltanien, un Acheuléen final (stade VIII) qu'accompagne un Levalloisien évolué; il en fait un Moustérien de tradition acheuléenne.

Par contre, l'Atérien abonde dans les limons soltaniens du Maroc atlantique. Pendant un temps, cette industrie a été considérée au Maroc comme représentant le Würm, puis il a fallu se rendre à l'évidence : elle est contemporaine du Paléolithique très supérieur d'Europe. M. Antoine (1952) affirme même que l'Atérien supérieur n'est séparé du Néolithique par aucun niveau stérile, ce qui implique que l'Atérien et le Néolithique se lient insensiblement, c'est-à-dire que l'Atérien supérieur tient parfois la place du Mésolithique, de l'Ibéro-maurusien. Autrement dit, l'Atérien doit être tenu pour très récent.

Ainsi donc, les industries lithiques ne permettent pas de paralléliser le Soltanien du Maroc atlantique et le Würm européen. Bien au contraire, le Soltanien paraît être contemporain du Tardiglaciaire européen. Il est évident que seules les phases d'alluvionnement permettent la bonne conservation des industries préhistoriques. Serait-ce à dire que les époques würmiennes antérieures au Tardiglaciaire furent, au Maroc atlantique, des périodes d'incision fluviale ?

C) LES HYPOTHÈSES PÉDOLOGIQUES RÉCENTES.

L'inventaire pédologique de régions jusqu'alors ignorées comme le Nord-Est marocain et la minutie nécessaire à la cartographie à grande échelle ont permis l'élaboration d'hypothèses nouvelles concernant la nature de la pédogenèse et ses rapports avec les oscillations climatiques quaternaires.

1) *Les climats et les sols.*

Quatre observations d'ordre pédologique sont fondamentales (A. Ruellan, 1962, 1963, 1965).

a) Il existe une relation géographique générale entre la répartition des sols et la répartition des climats actuels; aux régions marocaines les plus humides correspondent souvent des sols rouges méditerranéens (parfois même lessivés) tandis que dans les régions plus sèches on trouve généralement des sols isohumiques d'autant moins évolués que la pluviosité est plus faible. Il ne s'agit d'ailleurs pas d'une observation bien nouvelle; G. Aubert et G. Bryssine l'ont fréquemment faite et en concluaient autrefois que les sols étaient de genèse actuelle. Plus récemment, A. Ruellan (1962, 1965) a prouvé que cette relation était également valable pour des petites régions du Maroc comme la Basse Moulouya. Rappelons cependant que certains pédologues (A. Pujos, 1957, P. Divoux et A. Pujos, 1959) pensent que les climats des périodes de pédogenèse étaient fondamentalement différents des climats actuels.

Mais, cette répartition concordante des climats et des sols est souvent masquée par la diversité des matériaux originels. Ainsi, dans les régions steppiques, les sols châtaîns subtropicaux sont d'ordinaire d'autant plus fréquents que le climat est plus humide et les sols bruns subtropicaux dominant dès que le climat est plus sec; mais un matériau originel non calcaire favorise dans tous les cas le développement des sols châtaîns. D'autre part, il existe aussi des sols dont la répartition n'est pas étroitement liée aux climats: ce sont les vertisols, les sols hydromorphes et halomorphes, dont la présence dépend de conditions topographiques, hydrologiques, texturales et chimiques particulières.

b) Dans une région donnée, il existe une relation générale entre le degré de développement des sols et l'âge des dépôts sur lesquels ils se sont formés. Les sols que l'on observe sur les sédiments récents, contemporains et postérieurs du Mellahien-Rharbien, sont généralement très peu évolués (sols des classes « minéraux bruts » ou « peu évolués »); seules les pédogénèses dépendant essentiellement d'autres facteurs que le climat paraissent d'évolution rapide. Il faut remonter jusqu'aux sols des niveaux soltaniens pour constater un développement pédologique important et une zonalité climatique de leur répartition; plus

on gagne le Quaternaire ancien, plus les sols sont développés (accentuation de la rubéfaction, de l'argillification et de l'accumulation du calcaire).

c) Dans une région donnée et pour des matériaux originels comparables, le sens de l'évolution pédologique est resté le même durant la plus grande partie du Quaternaire, engendrant aux différentes époques des sols de type méditerranéen appartenant au même groupe ou sous-groupe de la classification. Seul donc, le degré de développement des sols augmente avec leur âge mais leur nature reste la même.

d) Une étude récente portant sur les sols bruns et châtaîns de la Basse Moulouya montre, par l'observation durant trois années consécutives des profils hydriques, que l'humidité actuelle, même en année exceptionnellement pluvieuse, est trop faible pour permettre la formation même très lente de ces sols. La présence d'un horizon particulièrement rubéfié, riche en argile et en calcaire, ne peut donc s'expliquer que par l'intervention de paléoclimats plus humides.

Il ressort de ces observations que la pédogenèse actuelle est très ralentie, du moins dans les plaines, et qu'il faut donc attribuer la plupart des sols à des paléoclimats certainement plus humides que le climat actuel. Cependant, la répartition géographique de ces paléoclimats était semblable à la répartition des climats actuels. Par ailleurs, ces paléoclimats quaternaires ont toujours été de type méditerranéen: on ne trouve pas au Maroc de paléosols post-villafranchiens de type tropical ou tempéré, sauf peut-être dans le Rif occidental très humide où apparaissent des esquisses de podzolisation.

Donc, quelle que soit la place des périodes de pédogenèse dans les alternances Pluvial-Interpluvial, il semble qu'une évolution notable des sols ne fut possible que lorsqu'un climat de type méditerranéen plus humide que l'actuel s'est instauré, toujours à peu près identique à lui-même au cours des différentes périodes de pédogenèse du Quaternaire. Il faut alors admettre que lorsque les climats furent différents la pédogenèse fut très ralentie, soit que l'évolution des versants était très active, soit que les conditions climatiques ne permettaient plus l'évolution des sols (aridité ou froid). D'ailleurs, l'attribution des périodes d'activité pédologique aux phases humides est satisfaisante compte tenu de ce que l'on sait des conditions biomorphologiques d'existence de la pédogenèse: un couvert végétal dense et des processus de transports très lents sur les versants.

2) *Les sols et les dépôts morphologiques.*

La position classique qui rend contemporaines les périodes de sédimentation continentale et les phases pédogénétiques étant critiquable, il faut envisager deux types de rapports chronologiques entre les deux phénomènes.

a) Un dépôt est, par exemple, uniformément rubéfié et constitué sur une grande épaisseur de sédiments fins: il peut provenir d'une roche-mère

LE QUATERNAIRE MAROCAIN

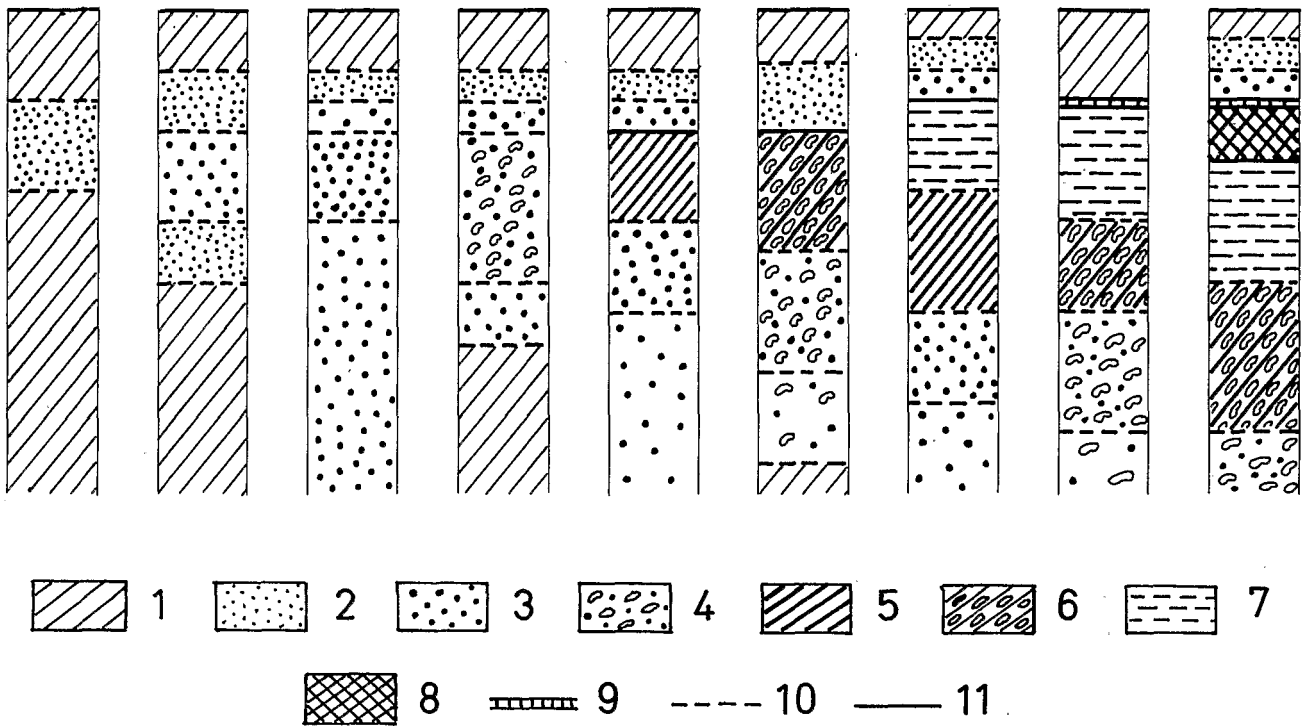


FIGURE 3

Quelques exemples de relations verticales entre les diverses formes d'accumulation et d'individualisation du calcaire.
 1 : Horizon sans accumulation (calcaire ou non); 2 : Accumulation diffuse; 3 : Horizon à taches; 4 : Horizon à granules et nodules calcaires; 5 : Encroûtement tuffeux ou crayeux; 6 : Encroûtement nodulaire; 7 : Croûte; 8 : Dalle; 9 : Pellicule rubanée; 10 : Limite d'horizon diffuse; 11 : Limite d'horizon nette.

rouge et argileuse (le Trias, souvent) mais il peut aussi résulter de l'érosion et de l'accumulation de sols rouges et fins antérieurement constitués dans le bassin versant supérieur. Dans ce dernier cas, la pédogenèse a précédé la morphogenèse.

b) Dans un dépôt morphologique quelconque, la présence à proximité de la surface (sur quelques mètres au plus) de variations de couleur, de texture et de teneur en calcaire, est le plus souvent due à une pédogenèse postérieure à la mise en place du dépôt. De même, l'existence dans l'ensemble du sédiment de taches, granules et nodules calcaires, comme le développement de plages diversement colorées et l'apparition de certains caractères de structure (polyédrique, cubique), ne peuvent s'expliquer que par une pédogenèse profonde postérieure au dépôt et probablement liée à une certaine hydro-morphie.

Dans tous les cas, il faut séparer dans le temps les phases de sédimentation et les périodes d'évolution pédologique et il est nécessaire de distinguer dans les profils les caractères attribuables au dépôt et ceux que la pédogenèse a développés ultérieurement.

3) Les formes du calcaire dans les dépôts et les sols : leur genèse.

Dans la plupart des régions marocaines, depuis le Rif humide jusqu'au Présahara, le caractère pédologique fondamental est le profil calcaire; les variations de formes et de teneur du calcaire sont des facteurs importants de la classification des sols. Bien souvent on constate l'existence d'un horizon supérieur meuble où le calcaire, s'il est présent, est invisible; dessous apparaît généralement un deuxième horizon où le calcaire s'accumule et s'individualise avec des formes et des concentrations diverses. Plus profondément, le calcaire peut être aussi présent d'une manière diffuse ou individualisée.

La description et l'interprétation de ces profils calcaires, particulièrement des accumulations, ont déjà fait l'objet de publications abondantes : M. Dalloni (1951), J.H. Durand (1953, 1956, 1958, 1959) et J. Boulaïne (1961 a, b, etc....) en Algérie, M. Gigout (1958, 1960), R. Raynal (1961) et J. Wilbert (1962) au Maroc, pour ne citer que les études les plus importantes, ont tenté de décrire et de

nommer les diverses formes d'accumulation du calcaire, et ont proposé des théories pour en expliquer la genèse.

Très grossièrement, deux séries d'hypothèses s'opposent :

— les uns font appel à des phénomènes d'ordre pédologique : lessivage vertical, remontée capillaire, individualisation sous l'effet d'une hydromorphie plus ou moins accentuée ou apport par des nappes phréatiques; ces auteurs admettent que tous ces processus ont lieu à l'intérieur des sols;

— d'autres chercheurs estiment au contraire que la plupart des accumulations calcaires sont d'origine sédimentaire et superficielle, liées au ruissellement en nappe, à l'épandage de boues calcaires et de travertins ou bien même à des dépôts lacustres.

Néanmoins, la plupart des auteurs s'accordent à penser qu'une seule théorie ne peut expliquer toutes les accumulations de calcaire; par leurs descriptions et leurs interprétations, ils donnent cependant plus ou moins d'importance à l'une ou à l'autre de ces hypothèses.

D'ailleurs, bien des affrontements en ce domaine sont dus à l'absence d'une terminologie descriptive précise; aussi convient-il, avant même d'avancer une théorie génétique, de proposer une nomenclature physiologique de ces phénomènes, la plupart des termes existants étant souvent interprétatifs.

La présence visible du calcaire dans les formations superficielles peut revêtir sept formes (tableau V, figure 3).

a) *L'accumulation diffuse*. — Il s'agit là du stade initial de l'accumulation : sans qu'il y ait individualisation du calcaire, sauf parfois sous forme de pseudo-mycellium; l'horizon affecté apparaît simplement plus clair que les horizons voisins moins calcaires; parfois même, seul le dosage du calcaire met en évidence cette accumulation.

La teneur en calcaire peut être très variable : elle dépend de la richesse en calcaire du matériau originel; la teneur est aussi fonction de l'association de cette accumulation diffuse avec des accumulations plus importantes : par exemple, quand elle est située au-dessous ou au-dessus d'un encroûtement, le calcaire est d'autant plus abondant que l'on se rapproche de l'encroûtement; mais dans tous les cas, la proportion de calcaire ne dépasse guère 30 à 40 %. L'épaisseur de l'accumulation diffuse, assez variable, est souvent de quelques décimètres.

b) *Les taches calcaires* (photo 1). — Cette première forme d'individualisation du calcaire semble correspondre à ce que J.H. Durand (1953, 1958, 1959) nomme les « nodules farineux ». Ce sont des amas friables de calcaire dispersés dans tout un horizon. De couleur blanche à crème, ces taches

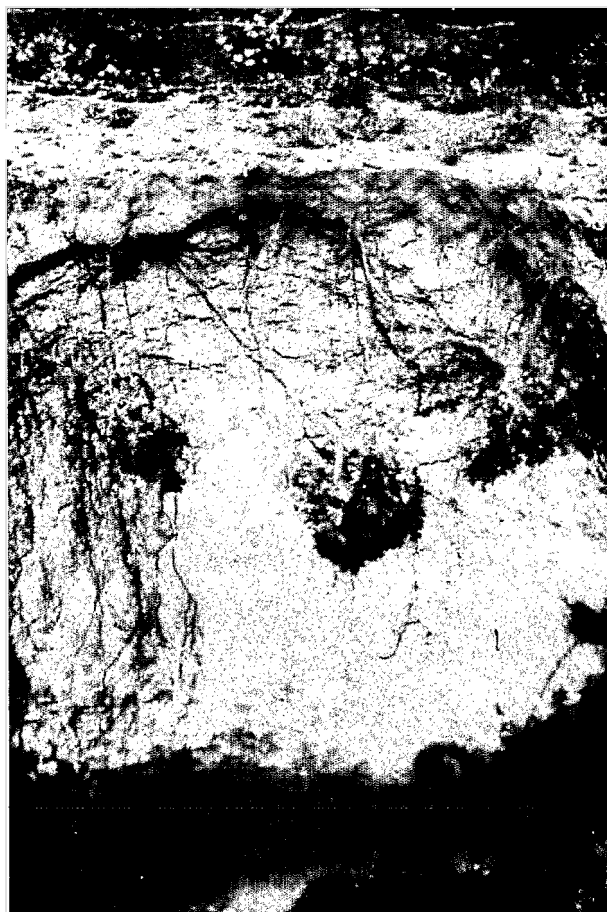


PHOTO 1

Sol brun isohumique à taches calcaires
Plaine des Triffa. Les taches commencent vers 50 cm de profondeur.

ont des contours plus ou moins nets et peuvent être diffus. Leurs formes sont très variées, depuis la « sphère » jusqu'à la « chandelle verticale »; selon J. Wilbert (1962) elles mesureraient de quelques mm à 25 cm de longueur et de quelques mm à quelques cm d'épaisseur; le plus souvent, les taches sont cependant de dimensions assez réduites.

La densité des taches dans les horizons pédologiques est très variable; cependant la teneur globale en calcaire de l'horizon entaché dépasse rarement 50 % (sauf peut être dans le cas des très grosses taches que cite J. Wilbert). Mais dans tous les cas, les taches sont séparées les unes des autres par de la terre brune ou rubéfiée qui peut être calcaire ou non.

Ces taches peuvent affecter soit un ou plusieurs horizons d'un sol ou d'un dépôt, soit toute l'épaisseur du dépôt (cas de l'Amirien).

TABLEAU V

Les formes d'accumulation et d'individualisation du calcaire dans les dépôts et les sols

Dénomination	Définition	Forme	Dimensions	Limites de l'horizon	Epaisseur de l'horizon	Couleur	Structure	Durcissement	% calcaire dans l'horizon	Divers
Accumulation diffuse	Accumulation sans individualisation du calcaire (parfois pseudo-mycellium)			Non visibles	Quelques dizaines de cm	Parfois plus clair que les horizons qui l'entourent		Nul	< 40 %	
Taches	Amas de calcaire friables, dispersés dans la masse d'un horizon	Contours plus ou moins nets ; formes très variées	De quelques mm à 25 cm, de longueur quelques mm à quelques cm d'épaisseur	Progressives	Très variables ; peuvent être présentes sur toute l'épaisseur d'un dépôt	Blanc à crème ; brun ou rubéfié entre les taches		Nul ou faible	< 50 %	Densité dans l'horizon, très variable
Granules	Amas de calcaire durcis	Formes variées, souvent sphériques ou cylindriques	Diamètre inférieur à 1 cm	Progressives	Très variable. Peuvent être présents sur toute l'épaisseur d'un dépôt	Blanc à saumon ; brun ou rubéfié entre les granules		Du granule fort ; de l'horizon : faible	< 60 %	Densité dans l'horizon très variable
Nodules	"	"	Volume : quelques cm ³	"	"	"		"	"	" Taches, granules et nodules peuvent être associés dans un même horizon
Encroûtement crayeux ou tuffeux	Horizon très calcaire, de couleur claire à structure souvent massive			Progressives à la base ; plus ou moins nettes au sommet	Quelques dizaines de cm à quelques mètres	Rose, crème ou blanc ; plus ou moins homogène	Massif ; parfois polyédrique, parfois finement feuilleté, surtout vers le sommet	Généralement assez faible	> 60 % augmentation progressive du bas vers le haut	
Encroûtement nodulaire	Horizon à granules et nodules pris dans une gangue très calcaire			"	"	"	Nodulaire parfois finement feuilleté surtout vers le sommet	Généralement assez marqué	> 60 % augmentation progressive du bas vers le haut	
Croûte	Horizon très calcaire, durci à structure lamellaire, feuilletée, très accentuée	Superposition de feuillets discontinus	Epaisseur des feuillets : quelques mm à quelques cm (l'épaisseur croît du bas vers le haut)	Progressives à la base : passage à l'encroûtement ; nette au sommet	Quelques cm à plus d'un mètre	Blanc à blanc-crème parfois rose, taches noires	Lamellaire, feuilletée, structure des feuillets massive ou nodulaire ou finement feuilletée	Dur à très dur ; augmentation du bas vers le haut	> 70 %	Surmonte presque toujours un encroûtement
Dalle	Un ou plusieurs feuillets très durs	Feuillets continus	Epaisseur des feuillets : quelques cm jusqu'à 20 cm	Nettes	Quelques dizaines de cm	Gris ou saumon	Très compacte ; fentes de retrait	Très dur	> 80 %	Surmonte toujours une croûte
Pellicule rubanée	Pellicule très dure pouvant recouvrir les croûtes et les dalles	Epouse parfaitement les ondulations de la surface qu'elle recouvre		Nettes	Quelques mm à quelques cm	Blanc ou saumon filets sombres	Très finement lamellaire	Très dur	> 80 %	Surmonte toujours une dalle ou une croûte

La présence des taches calcaires n'implique pas forcément une accumulation du calcaire (c'est-à-dire un enrichissement par rapport aux horizons voisins); il peut s'agir d'une simple individualisation du calcaire. C'est pourquoi il est impropre d'employer l'expression « d'encroûtement à taches calcaires » utilisée par J. Wilbert, l'encroûtement impliquant à notre sens à la fois accumulation et teneur élevée en calcaire. Il est moins interprétatif de dire « horizon à taches calcaires ». Dans les sols et les dépôts, cet horizon entaché peut être seul ou bien peut accompagner une accumulation mieux marquée (croûte, encroûtement) située au-dessous ou, plus fréquemment, au-dessus.

c) *Les granules et les nodules calcaires.* — Ces amas durcis de calcaire, de couleur blanche à saumon, ont été nommés « nodules concrétionnés » par J.H. Durand. Encore que les formes et les dimensions soient variées, leur allure est souvent sphérique ou cylindrique et le volume des nodules ne dépasse guère quelques cm³. Par définition, les granules ne sont que de petits nodules dont le diamètre est inférieur à 1 cm.

Leur densité dans les sols et les dépôts est variable; quand ils deviennent très serrés, ils constituent les encroûtements granulaires ou nodulaires qui seront examinés plus loin. Mais souvent, on ne peut parler d'encroûtement: ils laissent subsister entre eux une masse importante de terre brune ou rouge; il s'agit alors d'horizons à granules ou nodules où apparaissent d'ailleurs fréquemment des taches calcaires.

Il s'agit toujours d'horizons d'accumulation du calcaire plus évolués que les horizons à taches mais occupant dans les profils des positions semblables.

d) *Les encroûtements calcaires* (photo 2). — Dès que dans un horizon l'accumulation du calcaire (diffuse, en taches, en granules ou nodules) fait disparaître à peu près totalement la couleur habituelle brune ou rouge du sol, on peut parler d'encroûtement; cet encroûtement est souvent durci et parfois caillouteux.

Leur morphologie et leur structure obligent à distinguer deux types d'encroûtement :

— encroûtement crayeux ou tuffeux; de teinte claire, rose, crème ou blanche, sa structure est souvent massive, parfois finement feuilletée; son durcissement est assez faible. Ce type d'encroûtement correspond aux « formations pulvérulentes » et peut-être aussi aux « encroûtements calcaires » de J.H. Durand ainsi qu'au « Tifkert ou Tafazza homogène ou feuilleté » de J. Boulaine (Tifkert = formation durcie, Tafazza = formation tendre, friable).

— encroûtement nodulaire; de couleur également claire, il est moins homogène: c'est un horizon à granules ou nodules enserrés dans une gangue très calcaire; la structure peut en être finement feuilletée et le durcissement est en général marqué. Cette formation correspond à une partie

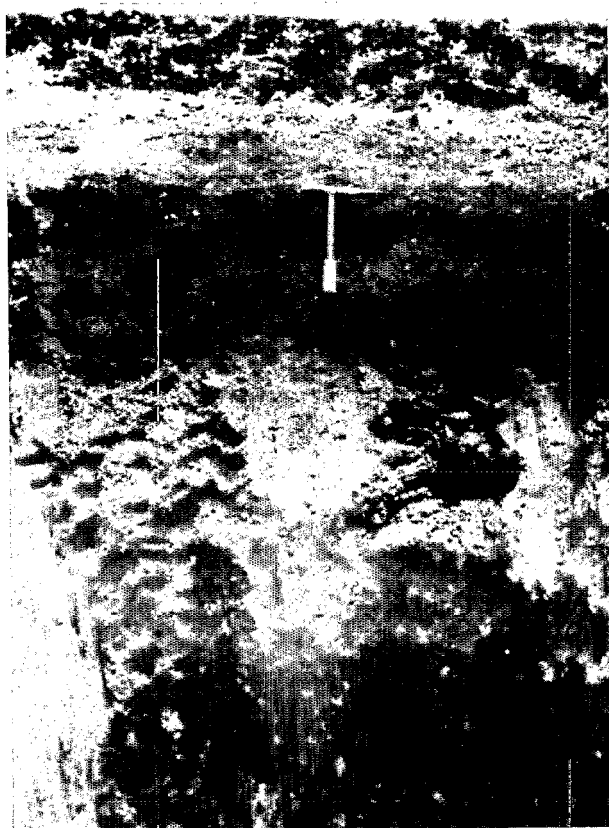


PHOTO 2

Sol brun calcaire sur encroûtement tuffeux, plateau du Saïs.

On note en profondeur le passage progressif de l'encroûtement à la roche-mère.

des « nodules concrétionnés » de J.H. Durand; à une partie des « encroûtements granulaires ou nodulaires » de J. Wilbert et au « Tifkert ou Tafazza nodulaire » de J. Boulaine.

La teneur en calcaire des encroûtements est toujours élevée, supérieure à 60 % et augmente progressivement du bas vers le haut. Leur épaisseur est très variable: de quelques cm. à quelques mètres; généralement leur puissance se tient entre quelques décimètres et un ou deux mètres.

Lorsque l'encroûtement n'est pas surmonté d'une croûte, sa limite supérieure est toujours bien tranchée. Il porte alors un horizon beaucoup moins calcaire mais pouvant encore contenir des taches, granules et nodules.

Par contre, lorsque l'encroûtement est surmonté d'une croûte, le passage est progressif: vers le haut il devient de plus en plus feuilleté et de plus en plus dur.

Dans tous les cas, la limite inférieure de l'encroûtement est très peu marquée : il passe insensiblement à des horizons à taches, granules ou nodules.

e) *La croûte calcaire*. — C'est une formation très calcaire (plus de 70 %), durcie, de structure lamellaire et feuilletée bien visible. Elle correspond au « Tifkert zonaire » de J. Boulaine et à une partie de la « croûte zonaire » de J.H. Durand.

Le durcissement de la croûte augmente toujours du bas vers le haut. De couleur blanche à blanc-crème, comportant fréquemment des taches noires, elle devient rosée quand elle est très dure et peut être caillouteuse.

Les feuillets qui constituent la croûte sont souvent épais en surface (quelques cm) et plus minces en profondeur; leur structure interne est variable :

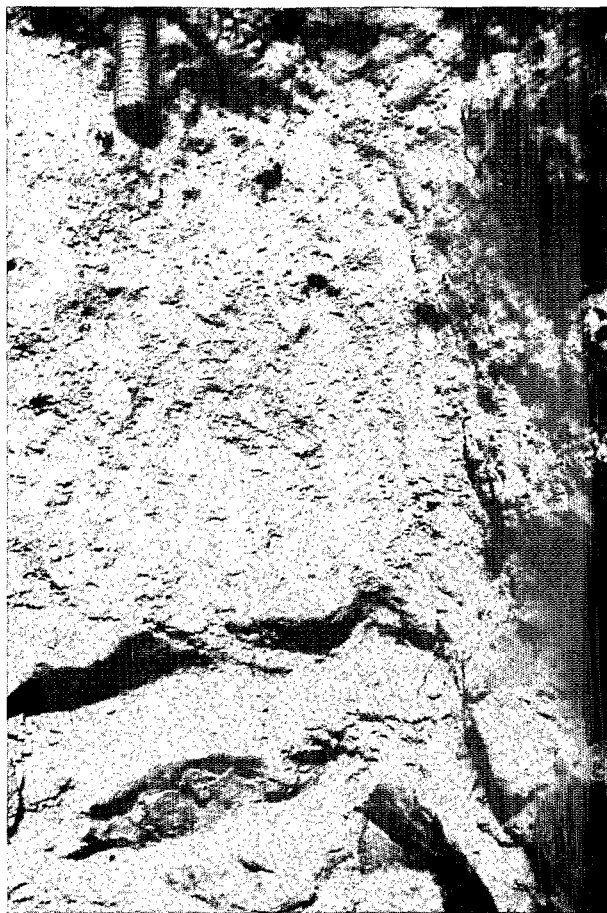


PHOTO 3

Détail d'une croûte très épaisse du Villafranchien (plaine du Zébra).

On note les pellicules rubanées qui se développent au sommet des feuillets de croûte.

massive, nodulaire ou finement feuilletée. Les feuillets sont discontinus : ils sont recoupés par des joints subhorizontaux anastomosés, fins en profondeur, mais qui deviennent larges et ouverts au sommet et ils sont alors parfois remplis de terre issue des horizons meubles supérieurs.

Lorsque la croûte n'est pas surmontée par une dalle compacte, le feuillet supérieur est très épais (jusqu'à un décimètre), très dur et généralement brisé, interrompu par des fentes verticales que la pellicule rubanée peut tapisser.

Le plus souvent, la croûte calcaire passe progressivement vers le bas à un encroûtement.

f) *La dalle compacte* (photo 3). — C'est une formation constituée par un ou plusieurs feuillets calcaires extrêmement durs, de couleur grisâtre ou plus souvent saumonée. Ces feuillets, très continus, non brisés, peuvent atteindre 10 à 20 cm d'épaisseur et sont de structure massive, jamais zonaire.

Ces dalles sont souvent caillouteuses et n'ont jamais été séparées des croûtes dans les descriptions. Au Maroc, elles sont particulièrement puissantes au sommet des croûtes qui coiffent les dépôts moulouyens des régions orientales.

g) *La pellicule rubanée*. — Cette formation très dure est épaisse de quelques millimètres à quelques centimètres. Très nettement stratifiée, elle est faite de la superposition de multiples lamelles très fines. Blanche, grisâtre ou saumonée, elle présente toujours quelques filets sombres, parfois noirâtres.

La pellicule rubanée n'apparaît qu'au sommet des dalles compactes et des croûtes calcaires; dans ce dernier cas, elle recouvre toutes les surfaces supérieures et latérales des morceaux brisés de la croûte alors qu'elle est rare sur les faces internes; cependant, elle se développe aussi dans les fentes subhorizontales de la croûte, particulièrement sur les faces supérieures des feuillets (photo 4).

La pellicule rubanée se confond avec le « Tifkert rubané » de J. Boulaine; elle est incluse dans la « croûte zonaire » de J.H. Durand et dans la « croûte lamellaire » de J. Wilbert.

Par ailleurs, il est souhaitable que le terme de « carapace calcaire » englobe toutes les formations très calcaires qui viennent d'être décrites : encroûtement, croûte, dalle et pellicule rubanée. Une carapace calcaire peut donc comporter selon les cas :

- un encroûtement seul,
- une croûte seule (cas rare),
- une croûte surmontant un encroûtement,
- une pellicule rubanée surmontant une croûte et un encroûtement,
- une dalle compacte surmontant une croûte et un encroûtement,
- une pellicule rubanée surmontant une dalle, une croûte et un encroûtement.



PHOTO 4

Sol isohumique sur dalle calcaire villafranchienne, plaine du Zebra.
Un encroûtement tuffeux d'âge ultérieur s'est développé au-dessus de la dalle.

Enfin, pour en finir avec les problèmes de terminologie, nous proposons que le verbe « encroûter » ne s'applique qu'à la genèse des encroûtements, croûtes, dalles et pellicules rubanées. En ce qui concerne les autres formations — accumulations diffuses, horizons à taches, granules et nodules — il est préférable de parler d'accumulation ou d'individualisation du calcaire.

Cette terminologie étant proposée, il est nécessaire, si l'on veut tenter de comprendre la genèse des accumulations calcaires, de mentionner les observations qui suivent :

1°) Il existe deux types fondamentalement différents d'accumulation de calcaire dans les sols et les dépôts; les uns affectent le matériau originel sur de grandes épaisseurs, sinon sur toute leur profondeur, et prennent généralement la forme de taches, granules et nodules plus ou moins densément répartis; les autres n'affectent que les horizons supérieurs du matériau et peuvent alors prendre n'importe quelle forme : simple horizon à taches, granules et nodules ou bien carapace surmontant généralement une accumulation plus faible.

2°) Le rôle de l'hydromorphie dans la formation des taches, granules et nodules calcaires. Dans certains dépôts quaternaires, des taches, granules ou nodules calcaires apparaissent donc sur de grandes

épaisseurs. Il nous semble que ces accumulations et individualisations du calcaire peuvent difficilement s'expliquer autrement que par l'action sur un sédiment, calcaire ou non, d'une certaine humidité profonde capable éventuellement de transporter latéralement du calcaire. De même, dans certains dépôts, le calcaire n'est individualisé que dans des horizons bien délimités entre lesquels aucun granule, nodule ou tache n'apparaît : dans ce cas également, il faut penser à une certaine hydromorphie guidée par des différences locales de perméabilité, ou même au battement d'une nappe phréatique.

Dans ces dépôts, l'individualisation du calcaire n'est d'ailleurs pas la seule marque de l'hydromorphie; bien souvent elle s'accompagne de structures particulières (par exemple, les polyèdres à « faces lissées » si fréquentes dans l'Amirien) et même de taches et concrétions ferrugineuses, de plages grises, de poches d'argiles.

Le rôle d'une certaine hydromorphie dans la formation des taches, granules et nodules est confirmé par le fait qu'actuellement dans le Tafilalet, se forment des taches calcaires sous irrigation, sans qu'il y ait lessivage superficiel.

3°) Les relations entre les divers faciès des accumulations subsuperficielles de calcaire. Il est fréquent qu'un même horizon superficiel meuble

surmonte un encroûtement et, ailleurs, une croûte sur encroûtement. Or, la croûte intermédiaire n'apparaît pas brutalement; au contraire, elle s'individualise progressivement du sommet de l'encroûtement voisin.

De même, on observe fréquemment le passage latéral progressif d'un horizon d'accumulation à taches, granules et nodules à un encroûtement.

Verticalement, si le sommet d'une carapace est toujours très net, il n'en est pas de même de sa base : la croûte laisse progressivement la place à l'encroûtement qui, lui-même, fait transition avec les horizons à taches ou à nodules.

Ainsi, les différents faciès des accumulations calcaires sont souvent liés par des transitions progressives; ils ne donnent pas l'impression de strates successives mais plutôt de degrés divers d'un même phénomène d'individualisation du calcaire dans un matériau originel.

4°) La position des carapaces calcaires dans les profils. Il est rare d'observer une carapace calcaire profondément enfouie sous des dépôts meubles superficiels; dans ce cas, on peut d'ailleurs montrer que la formation supérieure est un apport postérieur à l'encroûtement et en diffère par ses caractères sédimentologiques et pédologiques.

Inversement, il est assez rare que la carapace calcaire affleure; généralement, elle est couverte de quelques décimètres de sol meuble. Quand, parfois, elle apparaît en surface, on peut démontrer qu'elle a été découverte par une érosion postérieure à sa formation, érosion dont le défrichement et le pacage sont souvent responsables.

Il est donc logique de penser que la carapace calcaire s'est constituée à l'intérieur d'un dépôt ou d'un sol. D'ailleurs, il existe des buttes isolées couronnées d'une croûte surmontée d'horizons meubles; dans ce cas, la partie meuble superficielle ne peut avoir été mise en place par ruissellement et son dépôt éolien postérieur paraît bien aléatoire.

Il est d'autre part remarquable que, dans une même région la position et l'allure de la carapace calcaire varient avec le microrelief des versants ou des niveaux sédimentaires (fig. 4); sur les bossellements ou les ruptures de pente, la carapace est plus proche de la surface et généralement plus épaisse; sur les replats ou dans les creux la carapace est plus profonde et souvent plus mince, voire absente. Tout se passe comme si l'existence d'une carapace bien développée était liée à la rapidité de circulation des eaux de percolation et à l'activité de l'évaporation.

5°) Les relations entre la carapace calcaire et les matériaux sédimentaires; comme on l'a déjà noté, il y a très souvent passage vertical progressif entre

la formation inférieure à taches ou nodules calcaires et l'encroûtement. Il est donc normal de considérer que la carapace s'est constituée postérieurement au dépôt sédimentaire, par concentration superficielle de calcaire.

D'autre part les dépôts meubles qui surmontent généralement la carapace ne sont pas forcément décalcarifiés, ce qui élimine l'éventualité de la formation des croûtes par le seul lessivage vertical. Nombre de pédologues et de morphologues du Maroc et d'Algérie avaient admis que la carapace se constituait par ruissellement superficiel généralisé d'eaux chargées de solutions calcaires, ce qui impliquait que l'horizon meuble de surface s'était déposé postérieurement. Or, il est rare d'observer un ravinement caractérisé entre la limite supérieure de la carapace et l'horizon sommital. Si, à la rigueur, on peut concevoir que la surface

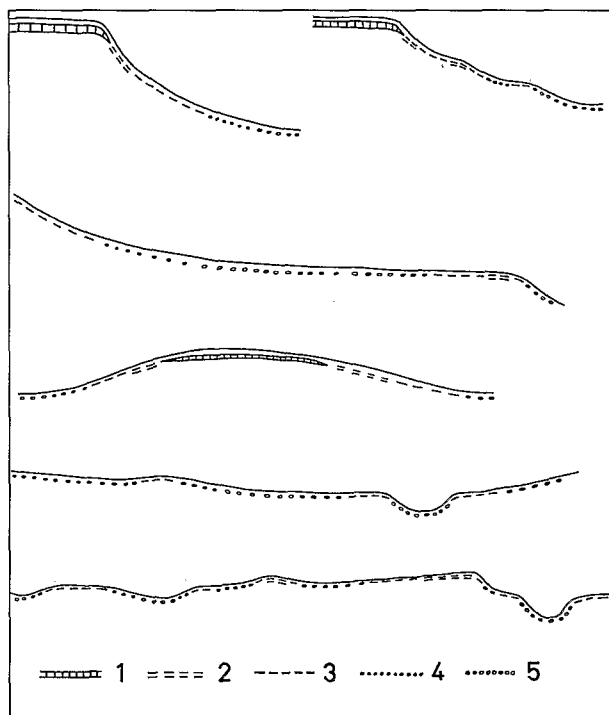


FIGURE 4

Quelques exemples de la répartition des différentes formes d'accumulation du calcaire en fonction de la topographie (exemples pris en Basse-Moulouya).

1 : Carapace calcaire comprenant : dalle sur croûte très dure sur encroûtement (Villafranchien); 2 : Carapace calcaire comprenant : pellicule rubanée épaisse sur croûte très dure sur encroûtement (Tensiftien); 3 : Carapace calcaire comprenant : croûte plus ou moins dure sur encroûtement; pellicule rubanée possible en surface (Tensiftien); 4 : Carapace calcaire ne comprenant qu'un encroûtement (Tensiftien); 5 : Sol steppique présentant un horizon d'accumulation du calcaire à taches, granules ou nodules.

dure de la croûte et de la dalle ait pu être fossilisée sans érosion intermédiaire, il est malaisé d'imaginer que la partie supérieure d'un encroûtement, relativement tendre, n'ait pas été taraudée par les nappes ruisselantes qui déposaient les sédiments meubles.

Par ailleurs, il est fréquent d'observer que les lentilles caillouteuses d'un dépôt sont préférentiellement encroûtées, alors que les passées argileuses favorisent l'apparition des taches et des encroûtements tuffeux et que les dépôts limono-sableux voient plutôt se former des granules, nodules et encroûtements nodulaires.

Ainsi généralement, la formation de la carapace calcaire ne semble être liée ni au seul lessivage *per descensum* ni au ruissellement superficiel. Les relations qui existent entre la granulométrie des dépôts et le faciès de l'accumulation calcaire prouvent que la ségrégation du calcaire s'est faite dans un sédiment préalablement mis en place. Ceci est confirmé par le fait que, dans quelques coupes, on retrouve le même matériau originel sur la carapace et dans les horizons à taches ou granules qui la supportent.

6°) Les relations entre la carapace calcaire et les conditions climatiques. La présence de carapaces à fortes teneurs en calcaire est liée, pour des conditions lithologiques semblables, à un certain milieu climatique : elles disparaissent dans le Pré-sahara aride et s'estompent aux abords du Rif occidental humide. Leur existence semble donc coïncider avec un milieu méditerranéen ni trop sec ni trop humide. Plus précisément, les carapaces sont moins épaisses dans le Maroc atlantique que dans le Maroc intérieur et, dans un domaine semi-aride comme le bassin de la Moulouya, les croûtes sont d'autant mieux développées que la région est plus humide. Par ailleurs les carapaces sont d'autant plus superficielles que le milieu est plus sec; autrement dit, l'horizon meuble supérieur est d'autant plus profond que la région est plus humide. Ainsi, l'encroûtement est seulement possible entre deux seuils climatiques : l'un humide, l'autre aride; à l'intérieur de ce domaine, la carapace est d'autant plus superficielle que la région est plus sèche.

Ces observations montrent que la plupart des accumulations calcaires ne résultent ni d'un lessivage vertical ni d'un ruissellement superficiel généralisé. Il semble au contraire que, lorsque certaines conditions climatiques sont réunies, l'encroûtement se forme essentiellement par apports pédologiques latéraux de calcaire provenant du bassin versant. Cette hypothèse est confirmée par la présence de croûtes sur certains versants siliceux dominés par des crêtes calcaires.

En conclusion, il nous semble donc souhaitable de distinguer deux types d'accumulations calcaires et de processus génétiques.

a) Accumulations et individualisations du calcaire sur de grandes épaisseurs (taches, granules ou nodules calcaires sur plusieurs mètres); il faut voir là le résultat d'une certaine hydromorphie affectant l'ensemble ou une épaisseur appréciable du dépôt.

On peut envisager divers processus de formation :

— dans des dépôts très humides lors de leur constitution, individualisation du calcaire au moment de leur assèchement (en même temps qu'ils se structuraient);

— dans des dépôts préalablement mis en place, circulations d'eau très diffuses ou bien présence de nappes phréatiques épaisses ou localisées, mais suffisamment aérées.

De toute manière la teneur en calcaire n'est jamais très importante; le dépôt originel quaternaire est simplement tacheté ou piqueté de calcaire sur une épaisseur notable.

b) Accumulations subsurfacielles de calcaire : il s'agit d'horizon B d'accumulation calcaire. Il est possible de concevoir leur formation de la manière suivante. Dès que le dépôt est constitué et que la végétation s'y installe, le calcaire provenant du lessivage oblique (par percolation à partir de matériaux carbonatés) s'accumule puis s'individualise grâce à l'action évaporante du système racinaire végétal. En même temps, l'argilification de l'horizon B — par lessivage vertical et oblique ou bien par néoformation — facilite l'accumulation du calcaire en ralentissant le mouvement latéral de l'eau. L'épaisseur de cette accumulation dépend de la profondeur de l'enracinement et de la quantité de calcaire amené par percolation (ce qui explique que dans les régions semi-arides les accumulations soient d'autant plus épaisses que le milieu est plus humide et le bassin versant mieux pourvu en roches carbonatées). Cette épaisseur dépend également de la topographie : là où l'eau de percolation circule rapidement, sur les ruptures de pente par exemple, l'accumulation est privilégiée. La profondeur du sommet de l'accumulation calcaire dépend de l'intensité du lessivage vertical et de la disposition topographique; dans les climats relativement humides, le lessivage vertical est important et ne permet que profondément l'accumulation du calcaire.

Il semble que, généralement, cette accumulation commence de manière diffuse, les taches calcaires s'individualisant le plus souvent par la suite. En fonction de la perméabilité du dépôt, de la quan-

tité d'eau et de calcaire transités, ainsi que de l'importance du système racinaire végétal, l'accumulation se développe et se concrétionne ensuite plus ou moins.

Le temps aidant, le calcaire devient de plus en plus abondant et les encroûtements commencent alors à apparaître, particulièrement là où le climat et la topographie favorisent une alternance rapide des phases d'humidification et d'assèchement des sols.

A mesure que l'encroûtement se développe, les horizons moyens des sols deviennent chimiquement stériles et l'enracinement se fait de moins en moins profond. Par ailleurs, l'encroûtement s'engorgeant facilement, la percolation se fait de plus en plus superficielle; l'accumulation du calcaire s'accroît, surtout dans les horizons supérieurs de l'encroûtement. Cet encroûtement, de plus en plus fréquemment soumis à des variations hydriques, va bientôt se feuilletter, l'épaisseur des feuillets dépendant des circonstances locales (perméabilité du dépôt meuble supérieur, rythme et importance relative des alternances d'humidité et de dessiccation). Les feuillets de la croûte seraient donc un faciès terminal et superficiel des encroûtements, ce qui expliquerait les nombreux passages verticaux et latéraux de l'encroûtement à la croûte et l'épaississement de la croûte sur les ruptures de pente où les variations hydriques sont mieux marquées.

Par contre, le durcissement des feuillets de la croûte, ainsi que l'apparition de la dalle et de la pellicule rubanée, ne peuvent s'expliquer que par une sécheresse croissante. Le climat permet alors l'immobilisation et l'induration de plus en plus fréquentes du calcaire transité par des eaux de percolation plus rares et, la croûte durcie et imperméable se fragmentant sous l'effet des variations thermiques et hydriques, la pellicule rubanée s'installe à sa surface.

Ainsi, l'accumulation du calcaire dans les horizons moyens des sols serait essentiellement due au lessivage oblique lors des phases relativement humides d'un climat méditerranéen et prendrait successivement la forme de taches, granules et nodules, d'encroûtement et de feuillets. Le durcissement de la croûte ainsi que la formation des dalles et pellicules rubanées seraient le fait d'un climat postérieurement plus aride où l'évaporation et la dessiccation l'emportent. Cette hypothèse avait d'ailleurs déjà été envisagée par J. Boulaine (1957, 1961) et M. Gigout (1960). Elle n'exclue d'ailleurs pas l'existence locale de formations calcaires d'origine lacustre, travertineuse ou phréatique.

Au total, la plupart des carapaces calcaires observables au Maroc paraissent d'origine pédologique, formées, dans un dépôt préalablement mis

en place, lors de la succession d'un climat relativement sec à un climat relativement humide.

D) OBSERVATIONS CONCERNANT LA MORPHOGENÈSE ACTUELLE.

Il est banal d'affirmer qu'il existe une relation inverse entre la vigueur de l'érosion des versants et l'épaisseur du couvert végétal. La considération des pays méditerranéens, particulièrement de l'Afrique du Nord, montre que les défrichements provoquent généralement le décapage des sols; les services de Défense et Restauration des Sols le savent bien, qui s'emploient empiriquement à reboiser et à mettre en défens le plus possible de versants.

Une étude récente concernant le Plateau Central marocain apporte des précisions sur les relations entre les processus morphogénétiques et les caractères de la végétation (G. Beaudet et J. Mathez, 1965). Pour des roches et des pentes semblables, le comportement morphologique de l'eau est réglé par la densité du couvert d'arbres et de buissons: l'eau ruisselle dès que le recouvrement végétal est inférieur à 5-6/10^e; au contraire elle percole surtout dès que le recouvrement dépasse 6-7/10^e. Ainsi apparaissent deux milieux morphogénétiques bien distincts.

1°) les versants à couvert végétal lâche; le ruissellement l'emporte, diffus si la végétation est « piquetée » de manière homogène et si le dépôt de pente est hétérométrique, davantage concentré si la végétation est répartie en plaques et si le dépôt est fin; ces versants ne connaissent qu'une pédogenèse négligeable, ou même, voient disparaître les fractions fines des sols;

2°) les versants à couvert végétal dense; le ruissellement y reste toujours discret; une grande partie de l'eau percole et, selon son abondance, selon aussi la raideur de la pente et la nature du dépôt, provoque la reptation, les tassements et finalement engendre des formes de solifluxion. Ce sont alors des sources de sol qui alimentent les artères fluviales plus permanentes. Dans ce type de milieu où la déperdition des versants en matière solide est faible et où l'eau est souvent présente, la pédogenèse paraît assez active, continuatrice d'évolutions antérieures.

La coexistence, dans une même région, de ces deux types de morphogenèse engendre de remarquables oppositions de versant. Tantôt cette opposition est d'apparition récente, soit que l'homme ait déboisé, soit que la densité climatique de la végétation diffère notablement d'une exposition à l'autre: le versant frais, bien boisé conserve alors sa forme et son dépôt hérité tandis que le versant sec, dégarni, voit ses sols érodés. Tantôt cette opposition est ancienne, et sur le versant sec le ruissellement actuel ne fait que remanier les dépôts des glaciés hérités tandis que la reptation continue

à façonner le versant convexe frais opposé.

Tant pour comprendre la morphogenèse actuelle que pour tenter de reconstituer l'évolution passée en milieu méditerranéen où la végétation est très sensible aux moindres variations climatiques, il est par conséquent indispensable de tenir compte de l'état du couvert végétal.

Les observations qui précèdent montrent qu'on ne saurait adopter partout sans réserve la chronologie classique du Quaternaire marocain et ses implications génétiques.

III. — HYPOTHESES NOUVELLES CONCERNANT L'ÉVOLUTION QUATÉRNAIRE AU MAROC

La stratigraphie quaternaire étant établie au Maroc sur l'étude de l'étagement des niveaux d'érosion et d'accumulation, deux remarques importantes à leur sujet :

— il existe des formes et des accumulations incontestablement pluviales, voire périglaciaires ou glaciaires; mais l'on ne saurait dire que tous les remblaiements datent des Pluviaux, car on ne comprendrait plus alors l'existence, dans les basses vallées exoréiques, de terrasses continentales se raccordant à des niveaux eustatiques;

— inversement, on ne peut soutenir que tous les sédiments continentaux sont contemporains des transgressions (donc de l'installation des conditions interpluviales, dans le schéma glacio-eustatique), car alors on ne peut rendre compte des dépôts pluviaux ou froids de certaines parties de l'arrière-pays.

Il est donc souhaitable de distinguer au Maroc de grandes régions où l'enchaînement chronologique et la nature des épisodes morphogénétiques quaternaires ont été dissemblables. Tout d'ailleurs, dans les paysages hérités et leur évolution actuelle, incite à une telle « régionalisation ». Mais avant d'envisager les divers milieux morphogénétiques, il convient de rappeler les conditions d'élaboration des différentes formes héritées du Quaternaire.

A) LES CONDITIONS D'ÉLABORATION ET DE CONSERVATION DES FORMES HÉRITÉES DU QUATÉRNAIRE.

Il est évident que les variations climatiques sont responsables pour une bonne part de l'étagement et de l'allure des formes quaternaires. Mais ces variations s'exerçaient dans des cadres morphologiques différant d'une région à l'autre; selon la disposition et la nature des roches, selon l'importance de la

reprise d'érosion quaternaire; les formes héritées et leur étagement différent. Il est donc vain d'envisager une corrélation étroite entre telle forme et tel climat.

Pour schématiser, trois types de versants hérités, bien représentés au Maroc, sont significatifs de l'évolution quaternaire : glacis d'érosion, longs versants concaves d'ennoyage et versants assez raides souvent pourvus d'une couverture de dépôts. Il convient d'examiner les conditions du façonnement et de la conservation de ces formes, de manière à mieux comprendre leur répartition géographique que les variations climatiques à elles seules ne permettent pas d'expliquer.

1°) *Les glacis d'érosion.*

Ces longs versants plans, d'une pente de quelques degrés sont entaillés dans la roche en place et sont généralement couverts d'une épaisseur variant de quelques décimètres à quelques mètres de dépôts colluviaux; ils se raccordent aux crêtes dominantes par une concavité plus ou moins étalée et ont été façonnés par le ruissellement diffus.

Leur existence tient d'abord à une condition structurale : la présence de roches de résistance contrastée. Pour que le glacis se développe, il est nécessaire qu'affleurent largement des roches peu résistantes capables de fournir rapidement et en abondance de petits débris transportables par le ruissellement. En outre, il est nécessaire que se dresse au-dessus de ces roches tendres un volume montagneux suffisamment important pour rassembler des eaux pluviales abondantes; cela suppose donc l'affleurement de roches assez résistantes pour être laissées en saillie par l'érosion mais néanmoins susceptibles de fournir assez de débris pour charger le ruissellement. Par ailleurs, le contact entre les deux types de roches assure le maintien d'une rupture de pente au niveau de laquelle les eaux d'amont en perdant de leur vitesse perdent aussi une partie de leur puissance, entretenant ainsi le ruissellement diffus incapable, pour une certaine charge, de se concentrer linéairement.

L'existence des glacis suppose aussi que se trouvent réalisées des conditions morphologiques. Tout d'abord, pendant leur élaboration, la présence d'un niveau de base local stable ou, à la rigueur, en voie d'abaissement lent. Autrement dit, l'oued qui rassemble les eaux de ruissellement doit être suffisamment chargé en alluvions pour ne pas s'inciser vigoureusement mais ne doit pas non plus remblayer rapidement car alors la planation latérale ferait place sur le glacis à l'accumulation (ce qui a généralement lieu à la fin de la phase d'élaboration). Par contre, entre deux périodes de façonne-

ment des glacis, l'incision linéaire doit être suffisante pour assurer un emboîtement notable, et pour créer des pentes intermédiaires assez longues pour que les eaux pluviales puissent une nouvelle fois se rassembler sous forme de ruissellement diffus. Autrement dit, l'oued doit être suffisamment alimenté en eaux claires durant cette période d'incision et la dénivellation entre la région envisagée et le niveau de base régional ou général doit être notable; par conséquent, le soulèvement tectonique qui initia la reprise d'érosion au début du Quaternaire dut alors être relativement important.

Enfin, l'existence des glacis d'érosion est liée à des conditions bioclimatiques. Le ruissellement diffus généralisé n'existe que sous un couvert végétal lâche (sauf toutefois sous forêt tropicale humide aux arbres élevés et sans sous-bois) qui permet à la pluie de frapper le sol. Par ailleurs, il est nécessaire qu'existe une végétation « piquetée » suffisamment dense pour que les filets d'eau divergent sans cesse, ne puissent pas se concentrer. D'autre part, les pluies qui alimentent le ruissellement doivent être momentanément assez violentes et abondantes pour que se constitue un écoulement superficiel notable, capable de transiter des débris; il faut donc que les précipitations aient en partie lieu sous forme d'averses. Enfin, les conditions climatiques doivent être telles que la désagrégation des roches sur le glacis ne soit ni trop rapide (sinon la charge de débris risque d'excéder la puissance du ruissellement et l'accumulation remplace alors l'érosion latérale) ni trop lente (sinon la charge est insuffisante et le ruissellement peut se concentrer, donnant le pas à l'érosion linéaire). Au total les glacis ne se développent donc que sous un climat semi-aride.

Ainsi, le délicat équilibre entre la charge en débris et la puissance du ruissellement que suppose l'élaboration des glacis, n'est réalisé que dans des conditions précises tant géologiques et morphologiques que climatiques.

La bonne conservation des glacis exige d'abord un bassin de roche tendre assez vaste pour que les incisions successives respectent une partie des formes anciennes. Lorsque les dépôts du glacis ont été postérieurement encroûtés, ils jouent alors le rôle d'une dalle résistante, protègent le versant hérité et sont fréquemment façonnés en corniche. Dans les pays non calcaires, où les croûtes n'existent pas, ce sont les dépôts les plus grossiers qui remplissent le même office: devenus immobiles, ils tapissent le glacis; mais le ruissellement diffus qui se maintient évacue néanmoins les fractions fines du dépôt hérité et émousse les rebords du plateau. Par contre les roches très meubles comme les argiles rouges du Trias conservent très mal les glacis, souvent réduits à l'état de lanières entre des ravines.

2°) *Les longs versants concaves d'ennoyage.*

Il s'agit de versants allongés, d'une pente de quelques degrés, raccordés aux crêtes voisines par une large concavité. Les coupes montrent qu'ils sont construits sur des mètres par des dépôts lités où alternent des fractions fines et des cailloutis très peu émoussés; généralement, la roche en place qui supporte la forme construite n'est pas visible. Si, de loin, ces versants ressemblent à des glacis, l'étude topographique fait apparaître qu'en fait ils sont constitués de larges cônes coalescents ayant pour origine les ravins qui strient la crête.

Là encore, un contraste lithologique marqué est nécessaire à l'existence de ces formes: une roche particulièrement fissile (le schiste, par exemple) fournit des débris abondants et une crête de roche résistante concentre l'eau nécessaire à leur transport.

Ces versants sont fréquents dans les régions où la reprise d'érosion a été modeste, généralement pour des raisons tectoniques. L'incision linéaire n'y fut jamais importante; ainsi se perpétuaient des pentes faibles sur lesquelles le ruissellement accumulait aisément. L'autre conséquence de la faiblesse du creusement est que les emboîtements sont peu nets et que souvent, seuls subsistent les niveaux d'accumulation les plus récents; les versants plus anciens, s'ils existaient, ont été facilement remaniés et ont disparu.

Enfin, l'existence de ces versants d'accumulation répond à des conditions bioclimatiques. Là encore, l'épandage des dépôts par ruissellement divagant suppose un couvert végétal clair. Mais l'abondance de la charge suppose aussi une désagrégation intense de la roche; c'est-à-dire la présence d'eau en grande quantité. C'est pourquoi il est peu probable que la préparation des débris soit contemporaine de leur transport et de leur accumulation. D'ailleurs ces dépôts sont souvent rubéfiés sur toute la hauteur des coupes; ils sont « lithochromes », c'est-à-dire qu'ils ont subi une pédogenèse avant leur transport. Autrement dit, l'existence de ces accumulations de pied de versant suppose deux phases climatiques différentes: une période assez humide pour que l'évolution pédologique ait lieu sous un couvert végétal dense puis une période plus sèche où l'éclaircissement de la végétation a permis le transport par ruissellement des sols précédemment constitués.

Ces dépôts se conservent bien lorsqu'ils sont encroûtés; mais même lorsqu'ils restent meubles ils sont peu érodés, la médiocrité de la reprise d'érosion ne permettant que l'installation de quelques ravines.

3°) *Les versants raides couverts de dépôts.*

Il existe bien des versants raides (souvent entre 15 et 30°) dont on peut attribuer l'essentiel du façonnement à une certaine phase du Quaternaire, soit qu'ils se raccordent vers le bas à un niveau datable d'accumulation soit que leurs dépôts soient caractéristiques.

Ils ont été souvent élaborés par la reptation lente et, localement, par la solifluxion modérée, comme le montrent l'hétérométrie et la disposition des débris. Ils sont l'élément généralement des sols bien développés. Ils sont les témoins d'entailles fluviales marquées, engendrées par un soulèvement tectonique notable mais aussi par des eaux abondantes peu chargées d'alluvions.

Ces versants ont été probablement façonnés durant des périodes assez humides pour permettre à la fois une météorisation et une pédogenèse actives, l'entretien d'un couvert végétal dense (s'opposant au ruissellement actif et ne permettant qu'un transport très lent des dépôts) et enfin, une alimentation abondante des oueds.

Si ces versants raides se sont conservés avec leurs dépôts, c'est qu'ils n'ont pas subi de bouleversement climatique tel qu'une phase sèche durant laquelle le ruissellement aurait rapidement entraîné les débris sous un couvert végétal éclairci. En fait, de tels versants continuent d'évoluer lentement dans un milieu bioclimatique qui n'a guère varié depuis leur élaboration primitive.

Ainsi donc, chacune de ces familles de formes significatives a été élaborée grâce à des conditions lithologiques, tectoniques et bioclimatiques précises.

Par exemple, une région constituée de roches suffisamment contrastées, ayant subi un rajeunissement quaternaire notable et ayant connu par moment des conditions semi-arides, sera probablement façonnée en glacis d'érosion étagés; c'est le cas de bassins, comme ceux de la Moulouya. Par contre, une région lithologiquement semblable, mais faiblement entaillée au Quaternaire et ayant subi successivement des climats humides et des climats plus secs sera souvent caractérisée par de longs versants concaves d'ennoyage; c'est le cas d'une bonne partie des bas plateaux atlantiques. Enfin dans une région vivement entaillée à la faveur d'un soulèvement important, et ayant toujours connu un climat suffisamment humide, se sont développés des versants raides qui ont conservé leurs dépôts; c'est le cas des moyennes montagnes du Nord-Ouest marocain.

B) *LES MILIEUX MORPHOGÉNÉTIQUES ET LES PHASES DU FAÇONNEMENT.*

Si l'on considère les paysages actuels ainsi que leurs dépôts et leurs sols, quatre milieux morphogénétiques régionaux peuvent être distingués en première approximation.

1°) *Les montagnes froides.*

Il s'agit de la majeure partie du Haut et du Moyen Atlas et des quelques hauts sommets du Rif Oriental, où la continentalité s'ajoute à l'altitude pour abaisser les températures. Cependant, alors que leurs versants occidentaux sont relativement humides, leurs parties orientales et méridionales sont sèches, disposition habituelle au Maroc. Au-dessous de 2 000 - 2 300 m à l'Ouest, ces montagnes sont boisées tandis qu'à l'Est et à haute altitude une steppe ou une pelouse les recouvrent.

L'évolution morphologique de ces régions, longuement étudiées (particulièrement : R. Raynal, 1961, F. Joly, 1962), peut être résumée schématiquement ainsi :

— Alors que sévissaient les conditions froides (contemporaines des Pluviaux), la gélifraction accrue délitait les roches; au même moment, les eaux saisonnières de fonte nivale et de dégel activaient sur les versants les transports de débris clastiques, évolution permise par une végétation appauvrie et clairsemée par le froid. Le ruissellement, la solifluxion, voire la cryoturbation tapissaient de dépôts le pied des versants tandis que les oueds, incapables malgré un débit saisonnier probablement accru, de transporter cette charge, accumulaient des alluvions à peine roulées qui s'interstratifiaient dans les dépôts de pente (là au moins où les roches étaient assez gélives pour fournir des débris en abondance). Localement, de petits organismes glaciaires façonnaient les vallées et permettaient la constitution de « glaciers rocheux ».

— Quand revenaient des conditions moins froides (Interpluvial), le gel devenant plus rare, la météorisation se faisait moins active tandis que les versants, régionalement recolonisés par une végétation plus dense, se stabilisaient. Bien que le débit des oueds ait probablement diminué, il suffisait néanmoins à creuser, la charge apportée par les versants étant moindre. L'Interpluvial, période de stabilité relative des versants, était aussi la phase de pédogenèse.

Ce n'est évidemment là qu'un schéma qui doit être diversifié compte tenu de ce que l'on sait des dépôts hérités et des conditions morphogénétiques actuelles.

La nature du matériel lithologique permet une première différenciation. Comme partout ailleurs, le calcaire et les dolomies sont des roches gélives qui ont fourni d'abondants débris; c'est pourquoi les plus beaux modelés périglaciaires sont observables dans les parties élevées du Moyen Atlas et dans le Haut Atlas calcaire. Ces montagnes sont caractérisées par des crêtes rocheuses sculptées par le gel et par des bas de versants ennoyés de dépôts colluviaux auxquels se raccordent les alluvions des oueds

(J. Dresch et R. Raynal, 1953). Tantôt, ces pieds de versants sont bosselés, confus, modelés par la congé-lifluxion et comportent des dépôts hétérométriques et anguleux. Tantôt, les versants inférieurs sont régulièrement concaves, construits par le ruisselle-ment diffus chargé; parfois même, les eaux de fonte de neige ont édifié des dépôts lités bien réglés; dans tous les cas ces sédiments ruisselés sont assez fins et relativement triés. Aucun glacis d'érosion n'apparaît, la charge abondante fournie par la cryoclasie engendrant l'accumulation.

Par contre, d'autres matériaux sont peu gélifs : les roches massives, certains grès, les quartzites. Cela explique que le Haut Atlas occidental (J. Dresch, 1941) n'ait pas connu un semblable ennoyage périglaciaire. Les sommets rocheux n'ont pas été démantelés par le gel; on y retrouve aisément la trace des surfaces d'érosion anciennes. Les niveaux construits sont assez rares et l'on peut même penser que les périodes froides ont vu se poursuivre le creusement des vallées, la charge étant relative-ment faible et l'élévation tectonique du massif étant considérable; c'est plutôt au contact des bassins bordiers qu'il faut rechercher les dépôts des périodes pluviales, par exemple sur les grands cônes allu- viaux de la partie méridionale du Haouz de Marra- kech.

Par ailleurs, l'observation du tapis végétal actuel et des sols hérités permet d'établir une seconde distinction parmi les montagnes froides. Les plus hautes des montagnes et leurs revers orientaux ont probablement vu se succéder une végétation très clairsemée par le froid lors des Pluviaux et un cou- vert steppique plus ou moins lâche lors des Inter- pluviaux. De toute manière, il ne semble pas qu'une végétation ligneuse dense, de type forestier, ait pu s'y installer, les Pluviaux étant trop froids et les Interpluviaux à la fois relativement secs et encore froids. Ainsi, dans les Atlas calcaires dominant les sols des classes « calcomagnésimorphes » et « peu évolués », chimiquement semblables aux roches en place et aux débris clastiques.

Par contre, les montagnes plus basses et plus occi- dentales — le Causse moyen atlasique en particu- lier — ont subi une évolution plus différenciée. Lors des Pluviaux, le froid éclaircissait probablement la végétation, rejetant la forêt dense (Cèdre et Chêne vert surtout) à des altitudes inférieures; alors étaient façonnés des versants de type périglaciaire et se mettaient en place quelques dépôts gélivés. Lorsqu'au passage à l'Interpluvial suivant le climat devenait plus doux, la forêt dense remontait en alti- tude, recolonisait ces montagnes, et à son abri se développait une pédogenèse active permise par une humidité encore forte et des températures relative- ment élevées. D'ailleurs, l'intense rubéfaction des

sols (d'autant qu'il s'agit de roches calcaïques) et la relative rareté des débris clastiques incitent à penser que ces phases de pédogenèse furent très longues alors que les périodes froides furent d'assez courte durée.

Mais quelles que soient ces nuances régionales — qu'il faudra sans doute multiplier et préciser — au total, dans ces montagnes froides, le rythme de l'évolution morphologique quaternaire est grossière- ment comparable à celui que l'on décrit en Europe moyenne : façonnement des versants et, éventuellement, remblaiements fluviaux durant les périodes froides (Pluviaux), incision fluviale lors du passage à des conditions plus tempérées et pédo- genèse plus ou moins active durant les phases plus chaudes (Interpluviaux).

2°) Les régions sèches de moyenne et de basse alti- tude.

Il s'agit de régions naturellement steppiques ou subdésertiques : Sud présaharien, plaines et pla- teaux de l'Oriental et, probablement, le Sous et le Haouz de Marrakech. La pluviosité annuelle, qui ne dépasse jamais 200 - 300 mm, n'autorise au mieux qu'un couvert végétal ouvert, généralement plaqué au sol et parfois piqueté de quelques arbres. La plu- part de ces régions sont continentales et connaissent des amplitudes thermiques diurnes et saisonnières importantes. Les travaux concordants de R. Raynal et de F. Joly les ont conduits à la reconstitution sui- vante de l'évolution morphologique de ces régions :

— Lors des Pluviaux, les processus de désagrégation mé- canique de la roche étaient actifs; à partir d'une certaine altitude — sans doute fort variable selon les époques et les régions — la cryoclastie et les actions nivales accélèrent le délitage⁴. Le ruissellement diffus, probablement plus fré- quent et plus abondant, était permis par une couverture végétale qui, malgré des conditions moins arides, ne par- venait pas dans la plupart des cas à devenir fermée. Les débris fournis par la désagrégation mécanique chargeaient les eaux pluviales que le piquetage relativement serré des touffes végétales faisait sans cesse diverger : ainsi s'orga- nisait sur les versants le ruissellement diffus, depuis la simple divagation de filets d'eau, jusqu'à l'éventuel écoule- ment en nappe. Durant ces périodes pluviales des glacis étaient façonnés partout où les conditions structurales et morphologiques le permettaient.

Si la plupart des morphologues d'Afrique du Nord attri- buent maintenant le façonnement des glacis de ces régions aux périodes pluviales, une difficulté subsiste quant à l'in- terprétation du voile colluvial qui tapisse généralement ces formes. Les auteurs du Maroc font de ces dépôts des forma-

4. Si dans les secteurs élevés de ces régions sèches, la cryoclastie pluviale ne fait pas de doute, on ne peut parler pour autant — à la différence des montagnes froides — de système d'érosion périglaciaire ou cryonival, les transports sur les versants excluant les processus de cryoturbation et de solifluxion froide. La gélifraction apparaît ici comme un simple appoint local de la désagrégation mécanique.

tions pluviales en voie de transit : l'allure actuelle des glacis serait en somme un cliché instantané de la forme en cours d'évolution. Au contraire, dans un domaine comparable, la Tunisie présaharienne, R. Coque (1962) considère ce voile comme un épandage alluvial fini-pluvial, conséquence d'une mobilisation accélérée des débris lorsque la végétation devient plus claire aux approches de la période sèche. La question est d'importance, car si, en pleine période pluviale, les versants étaient garnis d'une épaisseur de quelques mètres de débris, on voit mal comment le ruissellement diffus pouvait aplanir la roche en place.

— Pendant l'Interpluvial, plus sec (ou même franchement aride dans le Présahara) la désagrégation mécanique devenait très lente et le ruissellement, encore que plus rare et moins abondant, devenait plus clair et capable localement de se concentrer. En s'encaissant, les oueds défonçaient les glacis, particulièrement lors du passage Pluvial-Interpluvial alors que les eaux étaient encore relativement abondantes.

La place de la pédogenèse dans le schéma qui vient d'être exposé n'a jamais été clairement définie par les auteurs; ils semblent cependant admettre que pédogenèse et morphogenèse furent contemporaines sauf pour les carapaces calcaires qui marqueraient le passage du Pluvial à l'Interpluvial.

En fait, les transformations pédologiques subies par les dépôts immobilisés des glacis et des terrasses ont bien entendu varié selon les conditions climatiques locales et l'observation des sols amène à nuancer ce schéma morphologique, et parfois même à le remettre en cause. Nous avons déjà souligné que nous ne pouvions admettre la simultanéité de la pédogenèse et de la morphogenèse. Mais pour rester dans le schéma présenté ci-dessus, on peut supposer que dans les régions steppiques (haute et moyenne Moulouya) l'humidité et l'activité biologique du début de l'Interpluvial étaient encore suffisantes pour permettre le développement de sols bruns dont les horizons moyens s'enrichissaient en calcaire par lessivage oblique; lorsque la sécheresse s'aggravait, la partie supérieure des horizons calcaires durcissait et pouvait se constituer en carapace. Cependant, il faut souligner que les croûtes calcaires les plus épaisses et les mieux développées du Maroc apparaissent dans ces régions steppiques. En outre, dans certaines de ces régions, comme la plaine de Guercif, l'évolution avancée des sols bruns et l'importance de l'enrichissement en calcaire que suppose l'épaisseur de la carapace sont telles que l'on doit imaginer une très longue période de pédogenèse durant laquelle l'eau était relativement abondante. Serait-ce à dire que la pédogenèse se faisait durant les Pluviaux et que les glacis s'élaborent lors du passage des Pluviaux aux Interpluviaux ? ou bien alors on peut aussi penser que dans ces régions moins sèches, le maximum pluvial a pu engendrer une fermeture complète de la végétation au sol, l'arrêt de l'élaboration des glacis et l'évolution pédologique des dépôts précédemment constitués, évolution poursuivie durant le passage Pluvial-

Interpluvial par l'accumulation du calcaire des sols en carapaces.

Au contraire, dans les zones subdésertiques (Sud-Est marocain), l'Interpluvial était d'emblée aride, ne permettant pas, même au début, le développement de la pédogenèse. La seule évolution notable était l'immobilisation du calcaire transité par les rares eaux d'infiltration qui cimentait la partie supérieure des dépôts de glacis et de terrasses. On ne trouve dans cette zone présaharienne ni sols évolués, ni croûtes pédologiques, mais de simples conglomérats superficiels à ciment calcaire.

L'héritage quaternaire des régions semi-arides et arides est donc souvent constitué par des glacis d'érosion emboîtés et des dépôts mis en place par le ruissellement. Dans les secteurs les moins secs, ces dépôts sont couverts de sols bruns et fortement encroûtés; dans les zones arides, les sols sont squelettiques ou inexistantes, les croûtes remplacées par des conglomérats.

Ces hypothèses classiques sur l'évolution quaternaire des régions sèches ne sont d'ailleurs pas acceptées par tous les auteurs. Etudiant le Nord-Ouest saharien, proche du Sud-Est marocain, J. Chavillon (1964) attribue aux Pluviaux les incisions fluviales tandis qu'il rapporte aux passages Pluviaux-Interpluviaux les remblaiements; le façonnement des glacis daterait du début de l'installation des Pluviaux. Par contre P. Quezel (1963) constate que dans le Sahara central les accumulations sont contemporaines des Pluviaux, ce qu'il met en évidence par l'analyse pollinique.

Il y a là un désaccord grave, pour le moment irréductible. Il paraît cependant logique de considérer que l'évolution quaternaire a été à peu près synchrone dans les parties sèches du Moghreb et dans les régions septentrionales du Sahara.

3°) *Plaines, plateaux et moyennes montagnes du Maroc humide.*

Il s'agit de l'essentiel du Maroc occidental : plaines et bas-plateaux littoraux atlantiques, Meseta, Rharb, Saïs, retombée Nord du Moyen Atlas; on peut y joindre des secteurs limités du Maroc méditerranéen : frange littorale rifaine, plaines de la basse Moulouya et annexes. Dans ces régions suffisamment humides pour que la culture en sec soit partout possible, la végétation naturelle est la forêt ou le « matorral » (*Poléolenticetum*, par exemple). Si l'on ne sort guère des étages bioclimatiques sub-humide et semi-aride, l'étude de la végétation et des formes montre que les milieux naturels sont fort nuancés et que la moindre variation meso ou microclimatique a sa traduction morphologique et biogéographique. On peut penser que les variations climatiques quaternaires se sont traduites par des

changements du couvert végétal auxquels les formes se sont adaptées.

— Passage de l'Interpluvial au Pluvial et maximum pluvial : cette période d'humidification et d'humidité a vu se renforcer les processus de météorisation (y compris en altitude, la gélivation) mais en même temps le couvert végétal devenait plus dense; l'eau plus abondante ruisselait peu et bien plutôt percolait dans les dépôts des versants, provoquant leur migration lente (reptation ou solifluxion selon les conditions locales) et favorisant l'épanouissement de la pédogenèse de type méditerranéen. Durant la même période, les oueds étaient alimentés par des sources de manière plus abondante et plus régulière; comme les lentes évolutions des versants ne fournissaient qu'une charge réduite, la puissance devait être excédentaire et le réseau fluvial s'encaissait entre des versants pourvus d'une couverture continue de dépôts.

— Passage du Pluvial à l'Interpluvial et maximum interpluvial; l'humidité diminuant, la météorisation se ralentissait cependant que les sols, précédemment constitués, se transformaient : là où leurs horizons moyens étaient enrichis de calcaire, une croûte se constituait par induration. N'étant plus en équilibre avec le climat plus sec et localement défavorisée par l'existence de cette croûte imperméable et dure, la végétation se modifiait floristiquement et s'éclaircissait. A partir du moment où la végétation ligneuse était suffisamment claire (recouvrement devenant inférieur à 6-7/10^e ?), le ruissellement l'emportait sur les autres processus et prenait en charge les fractions relativement fines des sols. En même temps, les oueds voyaient leur débit moyen diminuer et, le ruissellement leur fournissant une charge augmentée, ils remblayaient. C'était donc lors de l'Interpluvial qu'achevaient de se constituer les accumulations fluviales et que les pentes étaient modelées par le ruissellement chargé.

On s'explique dès lors pourquoi, dans les basses vallées exoriques de ce domaine relativement humide, les sédiments continentaux se raccordent à des niveaux eustatiques de transgression : alors que les oueds creusaient durant la régression (installation du Pluvial et maximum pluvial) ils remblayaient pendant la transgression (retour à l'Interpluvial et période interpluviale). Encore qu'il s'agisse d'une évolution morphogénétique parfaitement « climatique », en quelque sorte « bio-rhéxistatique » (H. Erhart, 1956), son rythme coïncide à peu près avec celui de l'eustatisme.

Il est d'ailleurs probable que, selon les caractères de la région envisagée, cette évolution globalement retracée subissait de petits décalages chronologiques et engendrait des formes et des dépôts différents.

Dans les milieux humides, la période de pédogenèse ainsi que le creusement fluvial devaient commencer plus tôt et la phase de remblaiement était sans doute plus tardive.

Par ailleurs, on constate que les croûtes sont d'autant plus épaisses et superficielles que l'on va vers des régions sèches : l'immobilisation du calcaire était là plus importante, plus précoce, et le niveau moyen de la percolation responsable de l'induration

s'établissait moins profondément qu'ailleurs. D'autre part, il se peut que dans ces régions relativement sèches les premières étapes du creusement fluvial aient vu, là où les conditions structurales et morphologiques le permettaient, l'élaboration de glacis d'érosion : ainsi, dans la basse vallée du Tensift les accumulations fluvio-eustatiques du Quaternaire ancien sont recoupées par des glacis d'érosion développés durant le début de la régression suivante. Par contre, en milieu plus humide, comme le Maroc Central, les glacis paraissent seulement contemporains de l'achèvement des accumulations fluviales. En somme, plus la région est sèche, plus la période de façonnement possible des glacis a été longue de part et d'autre de la période interpluviale.

D'autre part, la répartition géographique des divers types de modelé est souvent plus nuancée que dans les autres domaines, leur combinaison régionale extrêmement variée. Ainsi dans le Plateau Central marocain, les bassins les plus secs et où la reprise d'érosion a été suffisante, ont été façonnés en glacis d'érosion tandis que les vallées plus humides et moins entaillées sont flanquées de longs versants concaves construits par le ruissellement chargé; enfin, dans les secteurs les plus frais, les pentes sont convexes, tapissées de sols épais et les terrasses sont rares : les phases sèches interpluviales ont été peu marquées et le ruissellement n'a pas été capable d'entraîner les sols et de les épandre en versants concaves allongés. En somme, il convient de distinguer à l'intérieur de ce domaine relativement humide deux types de régions :

— les régions basses et abritées (très grossièrement, elles appartiennent actuellement à l'étage bioclimatique semi-aride) qui ont connu des changements bioclimatiques importants : occupation forestière durant les périodes humides, végétation plus claire durant les phases plus sèches; le rythme de l'évolution a été réellement bio-rhéxistatique et aux phases de pédogenèse sous couvert dense ont succédé des périodes d'épandage par ruissellement superficiel; selon la nature des roches, l'importance de l'entaille quaternaire, mais aussi selon l'abondance de la charge, des glacis d'érosion ou des versants concaves d'envoyage étaient alors façonnés;

— les régions humides des montagnes moyennes (en gros elles appartiennent actuellement à l'étage subhumide) ont connu des variations bioclimatiques moins radicales; la composition floristique de leur couvert végétal pouvait sans doute se modifier, mais ces régions continuaient d'être forestières, au moins pendant le Quaternaire moyen et récent. La pédogenèse s'y poursuit donc continuellement non interrompue par des périodes de transports des sols. Aussi, les niveaux d'érosion et d'accumulation sont-ils rares; l'incision des vallées a probablement continué depuis le Quaternaire moyen.

Au contact de ces deux régions, cette même distinction se retrouve à l'échelle de la vallée, expliquant ainsi les oppositions de versant. Le versant frais est souvent convexe, boisé et couvert de dépôts

continus; au contraire le versant opposé, plus sec, supporte une végétation plus claire et, modelé par le ruissellement diffus, est souvent de forme concave.

Par ailleurs, il convient de considérer l'importance des volumes montagneux pour comprendre la position stratigraphique des remblaiements. Sur la côte atlantique, dont l'arrière-pays est constitué par les plateaux peu élevés de la Meseta, les accumulations fluviatiles datent des transgressions; parfois même, l'accumulation a cessé avant le maximum transgressif: c'est le cas du Soltanien dont l'épannage s'est arrêté avant la fin de la transgression du Flandrien inférieur. Par contre, dans les basses vallées méditerranéennes du Rif, l'accumulation alluviale a continué quelques temps après le maximum de la transgression: près d'Al-Hoceïma, les sédiments continentaux participent à la terrasse fluvio-marine ouljienne mais recouvrent aussi sur quelques mètres la plage ouljienne; l'importance et la raideur des reliefs rifains expliquent probablement cette persistance de la sédimentation continentale (G. Maurer, 1962 b).

Quelles que soient ces nuances locales, ce schéma de l'évolution quaternaire des régions humides éclaire plusieurs points demeurés obscurs dans la stratigraphie classique:

— L'étude des faunes continentales montre que le climat du Maroc atlantique a probablement peu varié au cours du Quaternaire; il serait demeuré subtropical (P. Biberson, 1961). Or, lorsque les accumulations de ces régions étaient considérées comme pluviales, il fallait se résoudre à imaginer des Pluviaux assez froids pour éclaircir la végétation, condition nécessaire du ruissellement, ce qui était en contradiction avec la stabilité des faunes. Mais si l'on imagine que le Quaternaire a vu se succéder des périodes humides forestières et des périodes plus sèches, localement steppiques, il n'est pas nécessaire de lier à cette succession des bouleversements thermiques; le milieu serait resté subtropical, tantôt plus humide, tantôt plus sec, mais permettant toujours la présence de faunes et sans doute de flores assez semblables. De même, on s'explique alors que les sols soient tous de caractère méditerranéen, qu'ils ne portent pas la marque des conditions très fraîches qu'impliquait le schéma classique.

— Les sédiments continentaux du Maroc humide doivent être rajeunis par rapport à la chronologie classique; au lieu d'être contemporains des Pluviaux, ils sont postérieurs et datent du passage Pluvial-Interpluvial et d'une partie de l'Interpluvial. On comprend dès lors pourquoi on ne trouve dans les dépôts soltanien que des industries du Paléolithique très supérieur (Atérien), voire du Mésoli-

thique (Ibero maurusien). Le Soltanien ne représente pas dans ce domaine le Pluvial würmien mais le passage de ce Pluvial aux conditions plus sèches qui ont accompagné la transgression flandrienne. Il est également normal que manquent dans le Maroc atlantique, les industries contemporaines du Moustérien européen: le creusement fluviatile du Pluvial würmien était défavorable à la conservation des outillages.

4°) *Les montagnes très humides: le Rif occidental.*

Plusieurs caractères font de la montagne rifaine de l'Ouest un domaine morphologique original au Maroc.

Elle est en effet très humide puisque les moyennes annuelles des précipitations atteignent 1 mètre à basse altitude et dépassent 2 mètres sur les crêtes; elle est entièrement comprise dans les étages bioclimatiques humide et subhumide. De plus, par son altitude relativement basse et son volume montagneux modeste ainsi que grâce à une double influence océanique, les températures extrêmes sont considérablement atténuées; si on le compare au Moyen Atlas voisin, le Rif occidental est, à altitude égale, bien plus humide, mais aussi bien moins froid en hiver et plus frais en été. L'originalité climatique a dû être de même nature au Quaternaire; en effet, les traces d'actions périglaciaires ou nivales sont rares et, lorsqu'elles sont évidentes, restent perchées à de hautes altitudes, 1 200 - 1 300 m pour le périglaciaire würmien, 1 700 m pour les fonds des niches nivales datées du Quaternaire moyen qui accidentent le versant nord des crêtes les plus élevées.

Par ailleurs, la nature marneuse d'une grande partie du matériel, le bouleversement résultant de la tectonique de charriage, le soulèvement post-villafranchien de la montagne et l'enfoncement du réseau hydrographique avec comme conséquence la pente très forte de la plupart des versants expliquent une érosion actuelle très active dont les manifestations sont multiples; ruissellements, ravinelements et, plus encore, la gamme très variée des processus de solifluxion: glissements, arrachements, coulées, attaquent les versants et y créent le plus souvent des formes variées, discontinues, dont la combinaison donne une impression de chaos. L'existence d'une couverture végétale dense, forêt ou matorral, n'est pas un obstacle à l'évolution des versants par solifluxion; en effet, lors des hivers pluvieux, d'énormes glissements de terrains entraînent des secteurs entiers de forêts, sur les pentes fortes. Il est évident que de tels processus de solifluxion ont également agi au cours des différents Pluviaux quaternaires, même sous une couverture végétale certainement plus dense.

Cette érosion actuelle s'inscrit dans un cadre morphologique hérité où l'on reconnaît, dans la moyenne et la basse montagne, deux types de formes. Les unes, très voisines de celles qui se créent et évoluent de nos jours, sont cependant plus amples et ont une extension bien plus considérable; mais l'allure générale du versant avec son désordre topographique reste le même; les processus en action durant les diverses phases du Quaternaire étaient donc sensiblement de même nature. Au contraire, une seconde catégorie de formes héritées fait contraste par la continuité et la fermeté de ses lignes, avec l'allure chaotique et désordonnée de la plupart des versants; il s'agit de terrasses fluviales remarquablement étagées en six niveaux dont les éléments se suivent tout au long des principales vallées jusqu'aux rivages marins; vers l'amont, elles se prolongent, tout au moins pour les plus élevées, par des glacis construits, étagés eux aussi, rayonnant autour de hautes crêtes; les plus hauts de ces glacis, ceux dont l'accumulation est aussi la plus forte, ne se raccordent pas à des terrasses; ils sont d'âge plus ancien, villafranchien, et correspondent à la phase majeure du démantèlement de la montagne. Dans la partie la plus élevée du Rif occidental, l'emboîtement des formes anciennes est également net; mais les systèmes de terrasses, au nombre de trois, sont incomplets. Partout, l'étude des dépôts hérités montre l'importance de l'altération du matériau rocheux durant le Quaternaire, avec des types d'évolution indiquant des nuances dans les conditions climatiques; c'est ainsi que les abondants épandages régrégués sont caractérisés, dans la structure minéralogique de leurs argiles, par une néoformation de vermiculite, tandis que dans les dépôts salétiens apparaît au contraire une néoformation de montmorillonite (G. Maurer et U. Schöen, 1964). Cette altération devait atteindre un maximum durant les Pluviaux, sous couverture forestière dense, mais se poursuivait, atténuée sans doute, durant les périodes interpluviales; de nos jours, le lessivage, voire la podzolisation, sont encore actifs.

Un dernier caractère original de cette montagne, est la masse énorme de matériaux détritiques d'héritage villafranchien conservés sous une grande épaisseur sur les hauts glacis, mais que l'on trouve également épars sur beaucoup de versants et repris dans les matériaux alluviaux des terrasses; durant l'évolution quaternaire de la montagne, les processus morphogénétiques ont sans cesse redistribué une partie plus ou moins importante de cet abondant stock détritique villafranchien.

Toutes ces observations indiquent au total, dans cette montagne, l'existence durant le Quaternaire d'un climat très humide, avec des froids modérés

en hiver et le maintien permanent d'une couverture forestière, sauf dans les secteurs les plus élevés, durant les maxima pluviaux. Il semble bien par ailleurs, que le façonnement des versants par solifluxion et l'évolution pédologique se soient également poursuivis de manière continue avec peut-être des ralentissements durant les Interpluviaux. Il n'en reste pas moins nécessaire d'envisager et d'expliquer, malgré la permanence de ces conditions générales, l'existence de crises morphologiques aboutissant à l'arrêt du creusement et à la formation des glacis d'accumulation et des terrasses fluviales.

L'observation des processus actuels permet de proposer l'évolution suivante :

— Pendant la période de transition Interpluvial-Pluvial et lors du Pluvial, l'humidité va en se renforçant, et le couvert végétal devient de plus en plus dense. Les versants sur roche dure, évoluent par descente lente des matériaux (reptation), mais dans les secteurs de roche tendre, les glissements et les actions de solifluxion sont de plus en plus importants, malgré le couvert forestier; l'efficacité du ravinement est négligeable. Ces processus de solifluxion n'amènent qu'une charge limitée aux oueds, car il s'agit bien plutôt d'une redistribution des matériaux sur le versant que d'un entraînement direct dans l'oued. De plus, les cicatrices peuvent être rapidement recolonisées par la végétation, empêchant par là même l'installation et surtout le maintien du ravinement dans ces secteurs critiques. L'évolution pédologique est alors très importante. Les oueds, peu chargés et bien alimentés, continuent donc à creuser.

Cette action se poursuit durant le maximum pluvial avec cependant une extension des glissements qui se rejoignent et apportent des perturbations de plus en plus grandes dans les secteurs les plus favorables.

En haute montagne, l'action du froid reste limitée si l'on en juge par la faible ampleur des moraines de névé; l'évolution périglaciaire des versants est certainement plus importante mais il est difficile de différencier les formes et les dépôts mis en place par solifluxion humide ou par solifluxion froide (congélifluxion).

— Durant la période de transition Pluvial-Interpluvial et pendant l'Interpluvial, l'érosion devient de plus en plus catastrophique mais change de nature. Le couvert végétal, par suite de la diminution des précipitations, recolonise plus difficilement les régions affectées par les glissements; il en résulte une action de plus en plus importante du ravinement, qui, à la faveur des désordres dus aux grands accidents, dispose d'une charge immédiatement très abondante que la violence des précipitations permet de mobiliser rapidement. La structure des glacis d'accumulation quaternaires, de pente faible, montre, dans le sens transversal, non pas l'existence de nappes d'épandage généralisées comme dans les régions arides ou semi-arides, mais au contraire une juxtaposition de coulées boueuses et de laves torrentielles étroites et allongées. Ces processus accumulent d'épaisses masses de matériaux dans les creux des vallons, obligeant ainsi les oueds à se réinstaller par la suite sur les bordures de ces formes construites; durant cette évolution, la végétation se maintient, localisée dans les secteurs les plus stables. Il arrive cependant un moment où ces processus d'écoulement deviennent prépondérants, en particulier dans les zones des grands glissements, et l'emportent sur les processus de solifluxion qui ont alors tendance à se ralentir. Les oueds très chargés par ces apports d'amont s'arrêtent de creuser, mais le remblaiement reste modéré, car le débit est encore élevé, bien alimenté par des pluies qui restent

importantes; durant l'Interpluvial les processus de solifluxion sont donc modérés, localisés particulièrement sur les pentes les plus fortes.

Dans la haute montagne, le froid s'atténue, la cryonivation cesse et la forêt recolonise les hautes crêtes. Très rapidement, une redistribution des matériaux grossiers accumulés soit en petites moraines de névé, soit en coulées rocheuses, durant la période précédente, s'effectue sous l'action des torrents; d'épais cônes torrentiels et des épandages alluviaux s'étaient dans le fonds des hautes vallées.

Ainsi donc, l'évolution de la montagne rifaine s'inscrit dans le cadre général défini pour les bassins atlantiques avec quelques nuances. Dans les régions basses du Rif occidental, le ravinement, prépondérant à l'Interpluvial, redistribue une grande partie des matériaux préparés par la solifluxion durant le Pluvial; dans la haute montagne, cette redistribution débute plus tôt, dès la fin du Pluvial.

Ces ruptures dans le système morphogénétique de la montagne rifaine de l'Ouest, semblent avoir été au Quaternaire ancien (Régréguien et Salétien), plus directement en liaison avec l'évolution des grands glaciers d'accumulation et des principaux secteurs de solifluxion; au contraire, à partir du Quaternaire moyen ce lien est moins sensible, par suite sans doute d'une diminution de l'intensité et de la durée de l'évolution de ces secteurs; tous les versants semblent avoir participé plus également à l'arrêt et à la reprise des creusements linéaires.

C) LES RELATIONS STRATIGRAPHIQUES ENTRE LES DIVERS DOMAINES MORPHOGÉNÉTIQUES.

Dans les différentes régions marocaines, l'évolution morphologique quaternaire était donc vraisemblablement diversifiée et les épisodes caractéristique de la morphogénèse — creusements et alluvionnements fluviaux, façonnement de versants, pédogénèse — n'étaient pas partout synchrones. Cependant ces régions ne sont pas séparées les unes des autres et bien souvent les bassins des grands oueds chevauchent ces différents domaines. Aussi la question se pose de savoir quelles sont les corrélations stratigraphiques possibles à l'intérieur des grands bassins hydrographiques.

1°) Relations montagnes froides — régions semi-arides.

C'est le cas de la Daoura au Sud-Est (F. Joly, 1962) et de la Haute Moulouya à l'Est (R. Raynal, 1961). Les remblaiements fluvio-péglaciaires montagnards étant à peu près contemporains du façonnement des glaciers et des épandages alluviaux des bassins secs, les niveaux quaternaires sont continus comme étaient synchrones les épisodes fini-

pluviaux d'incision fluviale. Ce raccord entre formations pluviales et dépôts « froids », en particulier montré pour le Quaternaire moyen (Tensiftien), est d'ailleurs l'un des fondements de la stratigraphie quaternaire classique. Mais si les niveaux sont continus, la nature des sédiments et l'allure des formes se transforment de l'amont vers l'aval : aux versants parfois empâtés et aux dépôts hétérométriques de la montagne succèdent les glaciers d'érosion et les formations souvent litées des régions sèches.

2°) Relations entre les régions à rythme pluvial (montagne froide, bassins secs) et le Maroc humide.

Le problème est d'importance puisqu'il concerne les bassins de tous les grands fleuves exoriques marocains : aval de la Moulouya, Ouerrha, Sebou, Bou-Regreg, Oum-er-Rbia, Tensift.

Les phases de sédimentation et d'incision n'étant pas exactement contemporaines à l'amont et à l'aval, on devrait théoriquement constater l'existence au contact des deux domaines d'un point — ou zone — neutre.

Or, l'observation ne décèle pas de pareilles interruptions du système des terrasses, sauf évidemment dans les secteurs de gorges. Au contraire, le long de l'oued Loukkos par exemple, les niveaux sont continus depuis les sources où ils sont constitués de dépôts soliflués probablement pluviaux jusqu'en bordure de la mer où ils se tiennent en position eustatique, perchés au-dessus du zéro actuel.

Il existe donc entre les faits observables et la théorie une contradiction apparente. A vrai dire, la reconstitution théorique des phases morphogénétiques successives subies par un tel bassin hydrographique permet d'envisager les hypothèses suivantes :

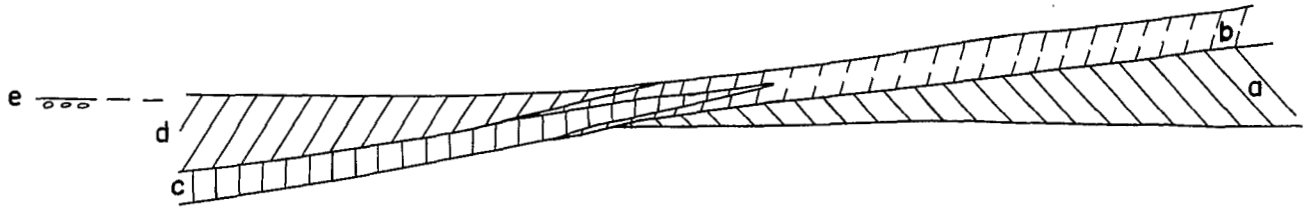
— Les manifestations morphologiques de l'installation des Pluviaux ne sont probablement pas tout à fait contemporaines à l'amont et à l'aval; il faut sans doute un certain délai pour que s'organisent les actions péglaciaires ou glaciaires en montagne (passages fréquents du seuil de 0°, et température moyenne sensiblement abaissée) et le ruissellement diffus actif dans les régions sèches (pluies relativement abondantes et masse suffisante de débris mobilisables); par contre en domaine humide, comme le montrent les processus actuels, la moindre augmentation de l'humidité se traduit très rapidement par l'épaississement du couvert végétal et la percolation plus importante des eaux.

— Inversement, les conditions froides ou pluviales peuvent encore s'exercer à l'amont, tandis que déjà la végétation du domaine aval s'éclaircit (il suffit de passer le seuil de 7/10 pour que le ruissellement l'emporte) et que l'épandage commence.

— Par conséquent, il se peut que durant de courtes périodes l'évolution morphologique soit la même à l'amont et à l'aval : creusement lors de l'atténuation de l'Interpluvial, épandage vers la fin du Pluvial.

Aval

Amont



AB= Creusement qui se poursuit
 BC= Alluvionnement qui commence=c
 CD= Alluvionnement qui continue=d
 DA= Creusement qui commence

a- remblaiement pluvial
 b- remblaiement fini-pluvial
 c- remblaiement du début de l'aridification
 d-remblaiement interpluvial
 e- plage eustatique.

AB= Alluvionnement=c
 BC= Alluvionnement qui continue=b
 CD= Creusement qui commence
 DA= Creusement qui continue

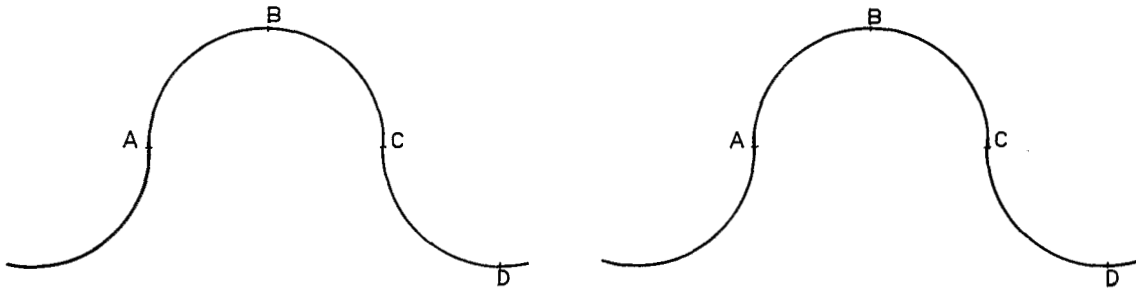


FIGURE 5

Schéma théorique de la constitution d'un remblaiement continental.

Ainsi la sensibilité morphologique des différents milieux aux variations climatiques étant hypothétiquement dissemblable, il n'y aurait pas une opposition chronologique complète des phases morphogénétiques d'amont et d'aval aboutissant à une zone neutre intermédiaire. Au contraire, la fin du remblaiement d'amont (pluvial, froid) passerait au début de l'alluvionnement d'aval, comme le début du creusement d'aval coïnciderait avec la fin du creusement d'amont. Ce mécanisme pourrait expliquer que les niveaux quaternaires sont topographiquement continus, mais ils ne seraient pas partout contemporains et seraient génétiquement composites. Plus précisément, les dépôts pluviaux ou froids de l'arrière-pays se raccorderaient à la base des formations de position eustatique de l'Interpluvial postérieur (fig. 5).

Si tel est le cas, les corrélations chronologiques des niveaux quaternaires le long des grands oueds exorétiques marocains seraient celles indiquées dans

le Tableau VI⁵. Tout hypothétique qu'il soit, ce tableau présente des avantages par rapport à la stratigraphie classique :

— le Rharbien d'aval occupe sa vraie place chronologique (Historique et Protohistorique) alors que son attribution à un épicycle pluvial contraignait à le vieillir (le « Néo-Würm » des auteurs aurait été le Subboréal ou même le Boréal d'Europe) ;

— la continuité Tensiftien pluvial d'amont — Ouljien d'aval est satisfaisante : les dépôts contemporains de l'Ouljien occupent la même position topographique que le Tensiftien d'amont ; de plus, les deux niveaux portent pareillement la dernière carapace calcaire observable ;

— le Régréguen d'aval prend tout naturellement place durant la transgression messaoudienne, si bien qu'il ne « manque » plus une transgression pour pouvoir l'intégrer dans la chronologie ; en outre, la corrélation Régréguen

5. Afin d'éviter les confusions chronologiques, les divers épisodes morphologiques sont rapportés à la chronologie quaternaire européenne en admettant par principe que les Pluviaux marocains sont contemporains des Glaciaires européens et que la théorie glacio-eustatique est fondée.

TABLEAU VI

Nouvel essai de corrélations entre les formations littorales et continentales du Quaternaire Marocain

Littoral (niveaux eustatiques)	Domaine humide (aval)	Domaine froid ou pluvial (amont)	Etages conti- nentaux marocains
Mellahien Supérieur (Dunkerquien)	← Fin du Subboréal début de l'Atlantique	Creusement	Rharbien
Régression légère du Subboréal	creusement	Subboréal	
Mellahien Inférieur (Flandrien)	← Tardiglaciaire et Préboréal	Creusement	Soltanien
Régression	creusement	Würm	
Ouljien	← Fini-Riss et Riss-Würm	Creusement	Tensiftien
Régression	Creusement	Riss	
Anfatien	← Fini-Mindel et Mindel-Riss	Creusement	Amirien
Régression	Creusement	Mindel	
Maarifien	← Fini-Günz et Günz-Mindel	Creusement	Salétien
Régression	Creusement	Günz	
Messaoudien	← ?	Creusement	Régréguien
Régression	Creusement	?	

(Les flèches indiquent la continuité topographique des niveaux continentaux)

continental-Messaoudien n'est pas purement hypothétique : dans le bas Tensift, le Messaoudien est raviné par une croûte tachée de passées noirâtres organiques et pyriteuses (G. Baudet, A. Jeannette et J.P. Mazeas, 1964), de même que les niveaux régréguiens du bas oued Beht (Bassin de Souk el Arba et plateau du Zrar) sont couronnés d'une croûte comportant des enduits et des nodules noirs de matière organique; dans les deux cas, ces taches sombres n'apparaissent pas dans les niveaux inférieurs; elles caractérisent donc bien une période climatique particulière du Quaternaire.

Par ailleurs, H. Mensching (1955), constate dans les basses vallées des oueds Martin et Lao (côte méditerranéenne du Rif) l'existence de 5 terrasses continentales en position eustatique dont la plus élevée (régréguienne ?) se tient au niveau de la plage marine ancienne, vers 100 - 110 m.

On remarquera que le tableau précédent ne porte pas mention du Présoltanien, étage continental créé par P. Biberson et considéré comme contemporain du début du Würm. Outre que l'Ouljien ne peut être rapporté sûrement à un interstade würmien, il ne paraît pas exister de niveau continental distinct

du Tensiftien qui mériterait le nom de Présoltanien. P. Biberson (1961 et 1964) attribue à cet étage des calcaires bréchoïdes roses (un encroûtement) des environs de Casablanca et il les interprète comme postérieurs à l'Ouljien car la dune de régression post-ouljienne les surmonte. Ce n'est pas là une preuve décisive : postérieurement à la transgression ouljienne un sol « würmien » peut s'être développé et encroûté avant que la dune régressive ne se mette en place; ces dunes ne sont pas forcément construites au tout début de la régression, mais à un moment quelconque de celle-ci. Enfin, les niveaux continentaux du Maroc atlantique étant autrefois considérés comme contemporains des Pluviaux, on comprend que les préhistoriens ne trouvant dans le Soltanien qu'un outillage du Paléolithique tout à fait supérieur (l'Atérien) aient voulu imaginer un étage pluvial réellement synchrone du « Würm », le Présoltanien, capable de renfermer un outillage de type moustérien. Cette argumentation tombe si l'on considère que les remblaiements du Maroc atlantique sont fini-pluviaux

et interpluviaux tandis que l'essentiel du Pluvial würmien aurait connu une phase de creusement fluvial et d'évolution pédologique.

En ce qui concerne le Quaternaire récent, on ferait la preuve de la véracité de cette dernière théorie si l'on pouvait raccorder sûrement le Soltanien « froid » d'amont et le Soltanien « flandrien » d'aval et si dans ces dépôts continus se substituait à l'Atérien des bas-pays un outillage moustéroïde dans l'arrière-pays. Notons à ce propos que R. Coque (1962) fait mention dans le Sud Tunisien d'un glaciaire 2 » qu'il rapporte au Würm et qui contient une industrie moustérienne; ce niveau 2 serait postérieur à la plage à Strombes de + 5 m, vraisemblablement Ouljienne (néo-tyrrhénienne). De même, Y. Guillien (1963) rapporte qu'il existe des foyers levallois-moustériens datés de — 52 000 ans sur une plage ouljienne des environs de Beyrouth; cela implique qu'à cette date la mer ouljienne était déjà en régression. Comme le début du Würm peut être raisonnablement daté de — 70 000, l'intervalle de temps est bien mince pour qu'il y ait eu une première régression würmienne (Eoglaciale ?) suivie de la transgression ouljienne — néo-tyrrhénienne (interstade de Brorup ?) et du début de son retrait.

Par conséquent, jusqu'à ce que des arguments décisifs soient apportés, il est malaisé d'imaginer un Présoltanien contemporain du début du Würm et l'Ouljien synchrone d'un interstade de la dernière glaciation. C'est pourquoi, il est plus vraisemblable de rapporter l'Ouljien à l'Interglaciale Riss-Würm, ce qui relègue le Rabatien-Harounien au rang d'un épicycle du long interglaciaire Mindel-Riss (Anfatien).

D) LA RÉPARTITION RÉGIONALE DES NIVEAUX QUATERNAIRES.

La chronologie précédemment proposée est évidemment théorique et beaucoup trop générale; elle ne tient compte ni de l'importance relative des variations climatiques à travers le Quaternaire, ni des dissemblances régionales de la répartition des niveaux. Deux problèmes sont particulièrement préoccupants : l'étagement des niveaux du Maroc humide, l'attribution du Salétien du Maroc montagnard et semi-aride.

1) L'organisation des niveaux quaternaires du Maroc humide.

D'une manière générale, on constate que les vallées des grands oueds de la Meseta sont d'autant plus riches en terrasses que l'on va vers l'aval. Les

indications données pour l'oued Beht (page 304) sont aussi valables pour l'Oum er Rbia et le Bou-Regreg. Cette disposition est donc bien trop fréquente pour que l'on pense qu'elle résulte d'une érosion systématique des niveaux anciens d'amont. Dans l'arrière-pays, le Plateau Central, le plus ancien niveau est post-Villafranchien et pré-Tensifien; souvent bien développé, constitué de sédiments rubéfiés, il occupe topographiquement la place de l'Amirien de la stratigraphie locale; le creusement majeur des vallées est attribuable à la période post-villafranchienne qui précède son façonnement. Vers l'aval, deux niveaux supérieurs apparaissent successivement, si bien que dans les bas-pays l'étagement des niveaux quaternaires classiques est au complet, depuis le Régréguien jusqu'au Rharbien. Tout se passe comme si les régions d'aval avaient enregistré dans leurs formes de plus fréquentes variations climatiques au cours du Quaternaire.

Or, plusieurs faits tendent à montrer que le Maroc humide a subi jusqu'à l'Amirien durant le Quaternaire ancien, un climat doux relativement humide et peu contrasté :

— les faunes marines et terrestres sont uniformément chaudes et subtropicales; ce n'est qu'à l'Amirien qu'une faune fraîche se manifeste;

— les sédiments sableux villafranchiens de la Mamora ont subi au Quaternaire ancien une pédogenèse amenant la néoformation de vermiculite, indice d'un climat relativement humide (H. Faraj et U. Schoen, communication orale);

— les dayas sur schistes primaires de la Meseta côtière ont été constituées postérieurement au Villafranchien par le bouchage colluvial d'un réseau hydrographique légèrement entaillé, ce qui montre qu'au Quaternaire ancien les processus de reptation, et, localement de solifluxion, ont été momentanément actifs;

— seules les croûtes post-régréguennes-messaoudiennes comportent des entachements organiques, indices d'une vie végétale particulièrement développée.

On peut donc penser que jusqu'à l'Amirien, le Quaternaire ancien fut une période assez humide, sans phase de sécheresse accentuée. Il est alors normal, si l'on se rapporte au schéma évolutif précédemment proposé, que les régions les plus élevées du Maroc tempéré aient été particulièrement humides, d'où un creusement uniformément poursuivi sous un couvert forestier permanent durant tout le Quaternaire ancien, Pluvial Amirien compris; le plus ancien niveau d'accumulation, de position amirienne serait à peu près contemporain de la transgression anfatienne; or, l'Anfatien correspond classiquement à l'Interglaciale Mindel-Riss dont on sait qu'il fut en Europe le plus long et le mieux marqué des Interglaciaires. Il est donc possible que la première pulsation réellement sèche qu'ait enregistrée les reliefs du Maroc Central

humide date du fini-Pluvial Amirien et de l'Interpluvial Amirien-Tensiftien.

Par contre, les bas-pays de ce même domaine, au total moins humides, ont pu subir de faibles pulsations sèches antérieures à l'Amirien, pulsations dont l'action était renforcée par les sollicitations eustatiques : ceci expliquerait qu'apparaissent à l'aval des niveaux en position salétienne (= Maari-fien) et régréguienne (= Messaoudien) localement surmontés de croûtes.

2) *Le problème du Salétien en domaine froid et pluvial.*

Les morphologues du Maroc considèrent que le Salétien a été le mieux marqué, le plus actif de tous les Pluviaux quaternaires (R. Raynal 1961, F. Joly 1962) ; ils en donnent comme preuves l'étendue de ce niveau et l'allure très grossière de ses dépôts qu'ils raccordent avec les traces d'une glaciation montagnarde ancienne particulièrement rigoureuse.

Sans mettre en doute la réalité et les caractères de ce niveau, il est cependant permis d'en contester l'attribution au Salétien *auctorum* (= Günz). Deux faits permettent cette critique :

— les dépôts « salétiens » de l'Oriental et du Sud ressemblent beaucoup à ceux du Villafranchien supérieur des régions atlantiques : même calibre (les plus grossiers de tous les épandages pléistocènes), même émoussé médiocre et traces d'une altération chimique bien visible sur les roches siliceuses (carie des quartz) ;

— l'incertitude concernant l'évolution climatique du Quaternaire ancien dans les régions méditerranéennes ; dans le Sahara du Nord-Ouest, J. Chavaillon (1964) ne cite pas le Taourirtien (= Salétien = Günz) comme un Pluvial particulièrement accentué ; il est vrai qu'il est difficile de comparer une période de creusement (morphogénèse propre au Pluvial selon J. Chavaillon) à une phase de remblaiement et de façonnement des versants (signification du Pluvial selon les auteurs du Maroc). De même R. Coque (1962) ne constate pas dans le Présahara Tunisien l'existence d'un Pluvial marqué qui puisse être mis en parallèle avec le salétien marocain. A propos du bassin du Rhône, F. Bourdier (1961) estime par contre que Mindel est le Glaciaire majeur et en fait la limite stratigraphique entre un Quaternaire ancien (= Villafranchien) aux pulsations froides mal développées et peu discernables et le Quaternaire récent. On ne peut s'empêcher de remarquer que précisément l'Amirien (= Mindel) se particularise sur le littoral atlantique par les seules invasions de faunes froides ou fraîches, tant marines que continentales.

Par conséquent, si l'on hésite à rapporter les

niveaux salétiens des pays secs au Günz, deux attributions nouvelles peuvent être hypothétiquement envisagées :

— Les dépôts « salétiens », compte tenu de leur aspect, représenteraient le Villafranchien supérieur et ils auraient été mis en place après qu'une phase de creusement ait entaillé le Villafranchien typique (= Moulouyen), cette incision intra-villafranchienne pouvant être rapportée soit à un mouvement épéirogénique positif soit à une reprise sèche. Mais alors on comprend mal pourquoi les dépôts du Pluvial Amirien, probablement bien marqué, sont peu abondants et assez fins.

— Les dépôts « salétiens » étant les plus grossiers des sédiments quaternaires, ils peuvent être aussi attribués au Pluvial amirien, considéré par ailleurs comme le plus rigoureux, et parallélisés avec la glaciation ancienne des montagnes ; dans ce cas on pourrait penser que les dépôts rares et mal déboîtés de l'« Amirien » (deuxième niveau post-moulouyen ; sédiments fins et rouges) représentent une première phase pluviale rissienne (= Tensiftien). Dans cette hypothèse, la concordance est séduisante entre les témoignages paléontologiques du Maroc atlantique et les observations morphologiques faites dans le Maroc intérieur : à l'Amirien, Pluvial le plus frais, auraient correspondu les faunes les plus septentrionales, les épandages les plus grossiers et les formes glaciaires les plus basses du Maroc sec et montagnard.

Mais quelle que soit celle de ces deux propositions que l'on adopte, cela revient à « appauvrir » en niveaux le Quaternaire ancien du Maroc continental, comme c'est le cas dans les parties élevées du Maroc humide

3) *Essai de reconstitution des phases climatiques et des épisodes morphologiques du Quaternaire.*

Les observations et les hypothèses qui précèdent incitent à proposer une nouvelle vision de l'évolution post-villafranchienne que l'on peut synthétiser ainsi :

— Quaternaire ancien (Régréguien, Salétien et « interpluviaux » suivants) : longue période climatiquement peu contrastée, douce et relativement humide ; elle permet un creusement continu dans les secteurs élevés du Maroc humide, où les petites oscillations climatiques n'ont pas de conséquences morphologiques, tandis que les deux pulsations sèches mineures permettent des épandages dans les bas-pays de cette même région et dans le Rif occidental ; le Maroc continental n'aurait pas connu alors de crises pluviales : le creusement s'y serait également poursuivi.

— Quaternaire moyen : période de grands contrastes climatiques.

— Pluvial Amirien bien marqué ; glaciation la plus importante et mise en place de dépôts grossiers anciens (?) du Maroc continental ; fin du grand creusement post-villafranchien et d'une longue période de pédogenèse dans le Maroc humide.

— Interpluvial Amirien — Tensiftien long et accentué : premier épandage post-villafranchien généralisé du Maroc humide; creusement important dans le Maroc intérieur.

— Quaternaire récent et holocène : succession de crises climatiques relativement courtes et d'intensité inégale :

— Pluvial Tensiftien : bien marqué et localement rigoureux; glaciation montagnarde la plus importante du Quaternaire récent; épandage (peut-être dédoublé en dépôts anciens rouges et fins = Amirien des auteurs, et en formations grossières plus récentes = Tensiftien des auteurs ?) de sédiments abondants dans le Maroc continental; incision fluviale et préparation de sols rubéfiés dans le Maroc humide.

— Interpluvial Tensiftien-Soltanien : épandage généralisé de dépôts et façonnement remarquable des versants dans le Maroc humide; incision dans le Maroc intérieur et croûte généralisée.

— Pluvial soltanien : assez discret; glaciation seulement à haute altitude et épandage relativement fin dans le Maroc continental; creusement modéré et rubéfaction dans le Maroc atlantique.

— Fini-pluvial et Interpluvial post-soltaniens; petite incision à l'intérieur, épandage fin dans le domaine humide.

— Petite pulsation fraîche holocène (Subboréal) : incision dans le Maroc humide; décapage et épandage de dépôts fins à l'intérieur (Rharbien).

— Léger assèchement proto-historique et historique : incision à l'intérieur, épandage de dépôts fins (Rharbien) dans le Maroc humide.

Cet essai de reconstitution morphoclimatique de l'évolution quaternaire est évidemment hypothétique pour une bonne part, d'autant plus imprécis et discutable que la période envisagée est plus ancienne. Cependant, les faits suivants peuvent être tenus pour acquis :

— les épandages les plus grossiers et les formes les plus vastes sont à rapporter au Quaternaire ancien ou moyen (« Salétien » du Maroc continental, premier niveau post-villafranchien des reliefs du Maroc humide) ;

— le Tensiftien (pluvial à l'intérieur, fini et post-pluvial en domaine humide) a laissé les dépôts les plus généralisés et cette période est responsable du modelé de la plupart des versants actuellement observables;

— le Soltanien (pluvial ou fini-pluvial selon les régions) n'a fait souvent que décaper des sols antérieurs; ses accumulations sont modestes et, sauf en haute montagne, il a peu contribué au modelé des versants actuels;

— le Rharbien est un épisode mineur d'épandage surtout fluviatile; ses dépôts, couleur mise à part, se confondent parfois avec ceux du Soltanien.

CONCLUSION

Il nous a paru nécessaire de faire la critique de la stratigraphie classique du Quaternaire marocain, de mentionner des observations récentes et d'avancer de nouvelles hypothèses accordant plus de place aux oppositions régionales qui font du Maroc un pays très contrasté du point de vue physique, et tentant de replacer logiquement les phases de morphogenèse et de pédogenèse dans l'évolution. Cela revient à poser de nouveaux problèmes pour l'instant insolubles.

Dans une certaine mesure, il est dommage que la netteté et la diversité des formes, des dépôts et des sols anciens comme leur facilité d'observation, aient amené les spécialistes des sciences de la Terre à une conception simple, séduisante et rapidement généralisée de l'évolution quaternaire. Bien souvent, l'évidence des héritages morphologiques et pédologiques est telle que l'on est davantage tenté de les nommer, de les attribuer à tel ou tel étage stratigraphique, plutôt que d'en entreprendre l'analyse détaillée afin de reconstituer leur mode de formation et par delà, le cadre bioclimatique de cette genèse. De toute manière, l'étude classique des formes et des dépôts ne peut plus suffire au morphologue désireux de comprendre leur présence et leur nature; il doit s'aider des résultats des disciplines voisines.

Il est remarquable que dans les régions dont les formes sont moins nettes et les dépôts plus difficilement observables (Europe moyenne et septentrionale, par exemple), la morphologie ait bénéficié des apports les plus enrichissants de ces autres disciplines. Au Maroc au contraire, la stratigraphie morphologique, apparemment évidente, a dominé et orienté ces recherches voisines quand elle ne les a pas découragées.

Ainsi, la pédologie marocaine se soucie davantage de classer les sols et de les rapporter à un étage quaternaire que de reconstituer les mécanismes fondamentaux de leur genèse et d'en comprendre la mise en place et l'évolution. Les études préhistoriques faites au Maroc ont été brillantes mais limitées en fait au littoral atlantique et leurs découvertes ont été insérées dans la stratigraphie pluviale sans que cette dernière soit critiquée. Par ailleurs, l'examen granulométrique et morphoscopique des dépôts quaternaires est encore assez rare et les analyses en tout genre (minéraux lourds, ar-

giles, teneurs en calcaire, en fer, etc...) font défaut ou commencent juste à être pratiquées. Enfin, les datations absolues, les études palynologiques et les recherches de paléontologie continentale du Quaternaire en sont à leurs premiers balbutiements.

Tant que ces recherches fondamentales n'auront pas été entreprises ou approfondies, toute reconstitution de l'évolution morphologique du Maroc au Quaternaire restera hautement hypothétique et l'interprétation des formes comme des dépôts demeurera en partie subjective.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTOINE, M. (1962). — Les grandes lignes de la Préhistoire marocaine. Publ. du II^e Congrès Panafr. de Préhistoire; Alger 1952. Edita, Casablanca, 64 pp., 9 fig.
- AUBERT, G. (1960). — Les sols de la zone aride : étude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation. Actes du Colloque U.N.E.S.C.O. de Paris sur les problèmes de la zone aride, pp. 127-150.
- AUBERT, G. (1963). — La classification des sols. La classification pédologique française. *Cahiers O.R.S.T.O.M. Pédologie*, n° 3, pp. 1-7.
- AUBERT, G. — Cours de pédologie à l'O.R.S.T.O.M. (non publié).
- BEAUDET, G.; DESTOMBES, J.; JEANNETTE, A. et MAURER, G. (1960). — Recherches géologiques et morphologiques sur le Quaternaire de la Meseta côtière atlantique marocaine entre Fédala, Bouznika et Boulhaut. *Notes marocaines*, n° 13, pp. 5-33.
- BEAUDET, G. et MATHEZ, J. (1965). — Observations sur l'évolution de quelques versants du Plateau central marocain. *Revue Géogr. Maroc*, n° 7, pp. 71-94.
- BEAUDET, G. et MAURER, G. (1961). — Dépôts et morphogénèse quaternaires dans la vallée inférieure de l'oued Lao. *Notes marocaines*, n° 15, pp. 13-25.
- BEAUDET, G.; JEANNETTE, A. et MAZEAS, J. P. (1964). — Les dépôts quaternaires du bas oued Tensift (Maroc occidental). Etude géologique et morphologique, *Revue Géogr. Maroc*, n° 5, pp. 35-61.
- BIBERSON, P. (1958). — Essai de classification du Quaternaire marin du Maroc atlantique. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 67.
- BIBERSON, P. (1961). — Le cadre paléogéographique de la Préhistoire du Maroc atlantique. *Publication Service Antiquités Maroc*, fasc. 16, 235 pp., 18 fig., 58 pl.
- BIBERSON, P. (1962). — L'évolution du Paléolithique marocain dans le cadre du Pléistocène atlantique. *Quaternaria*, t. VI, pp. 177-205.
- BIBERSON, P. (1964). — Quelques précisions sur les classifications du Quaternaire marocain. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 7^e Série t. V, n° 4 pp. 607-616.
- BIROT, P. (1964). — La Méditerranée et le Moyen-Orient. *Coll. Orbis, P.U.F.*, t. I, 2^e édition, 550 pp.
- BONIFAY, E. et MARS P. (1959). — Le Tyrrhénien dans le cadre de la chronologie quaternaire méditerranéenne. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 7^e série, t. VII, n° 1, pp. 62-78.
- BOULAIN, J. (1957). — Etude des sols des plaines du Chélif, Thèse Fac. Sc. Alger, 582 p.
- BOULAIN, J. (1961). — Sur le rôle de la végétation dans la formation des carapaces calcaires méditerranéennes. *C.R. Acad. Sc.*, t. 253, n° 22, p. 2568-2570.
- BOULAIN, J. (1961). — Sur quelques sols rouges à carapace calcaire. *Bull. Ass. Franç. Et. Sol*, n° 3, pp. 130-134.
- BOULAIN, J. (1961). — Facteurs de formation des sols méditerranéens. *Sols africains*, vol. VI, n° 2-3, pp. 249-263.
- BOURCART, J. (1943). — La géologie du Quaternaire au Maroc. *La Revue Scientifique*, n° 3, pp. 311-336.
- BOURDIER, F. (1961). — Le bassin du Rhône au Quaternaire. Géologie et Préhistoire : 2 vol. *Editions du C.N.R.S.*, 364 pp., 1 vol. fig., bibl., index.
- BRYSSINE, G. (1951). — Les facteurs climatiques de la pédogénèse au Maroc. Acte 70^e Congrès de l'A.F.A.S. Fasc. IV, 1^{re} part., pp. 338-345.
- CHAVALLON, J. (1964). — Les formations quaternaires du Sahara nord-occidental. Publications du Centre de Recherches sur les zones arides, C.N.R.S. série *Géologie*, n° 5, 394 pp., 22 pl. phot., 1 carte h.t.
- CHOUBERT, G. (1957). — Essai de corrélation des formations continentales et marines du Pléistocène au Maroc. Actes du V^e Congrès de l'INQUA, Madrid-Barcelone. Publ., 1965, *Notes Serv. Géol. Maroc*, n° 185, t. 25, pp. 9-28.
- CHOUBERT, G. (1959). — Compléments à la note intitulée « Essai de corrélation des formations continentales et marines du Pléistocène au Maroc » in *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 10, pp. 9-29, 1961.
- CHOUBERT, G. (1962). — Réflexions sur les parallélismes probables des formations quaternaires atlantiques du Maroc avec celles de la Méditerranée. *Quaternaria*, vol. 5, pp. 137-175.
- CHOUBERT, G., JOLY, F., GIGOUT, M., MARCAIS, J., MARGAT, J. et RAYNAL, R. (1956). — Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc. *C.R. Ac. Sc.*, t. 243, pp. 504-506.
- CONCARET, J. et MAHLER Ph. (1960). — Sur les paléosols du Haouz de Marrakech et leur importance économique. *C.R. Ac. Agric. Fr.*, t. 46, n° 11, pp. 654-658.
- COQUE, R. (1962). — La Tunisie présaharienne. Etude géomorphologique, 476 p.
- DALLONI, M. (1951-1953). — Sur la genèse et l'âge des « terrains à croûte nord-africains ». XXX^e Colloque intern. C.N.R.S. in : Actions éoliennes. Phénomènes d'évaporation et d'hydrologie superficielle dans les régions arides. *Publ. C.N.R.S.*, 1953, t. 35, pp. 237-258.
- DIVOUX, P. et PUJOS, A. (1959). — Sur l'importance fondamentale des lois tirées de l'étude du Rharb en ce qui concerne les pédogénèses récentes. *Soc. Sc. Nat. et Phys. Maroc*, Travaux Sect. Pédol., t. 13-14, pp. 97-100.
- DRESCH, J. (1941). — Recherches sur l'évolution du relief dans le Massif Central du Grand Atlas, le Haouz et le Sous. Imprim. Arrault, Tours, 708 pp., 40 pl. phot., 13 cartes h.t.
- DRESCH, J. et LE COZ, J. (1960). — Observations sur l'étage rharbien (Maroc occidental). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, n° 5, pp. 108-110.
- DRESCH, J. et RAYNAL, R. (1953). — Note sur les formes glaciaires et périglaciaires dans le Moyen Atlas, le bassin de la Moulouya et le Haut Atlas oriental, et leurs limites d'altitude. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 117, pp. 111-121.
- DURAND, J. H. (1953). — Etude géologique, hydrogéologique et pédologique des croûtes en Algérie. *Serv. ét. sci.*, 209 pp., 34 phot., 1 carte h.t.

LE QUATERNAIRE MAROCAIN

- DURAND, J. H. (1956). — Les croûtes calcaires s.l. d'Afrique du Nord étudiées à la lumière de la Bio-Rhexistase. *Serv. des Etudes Scientif. Pédol. et Agrologie*, 2, 23 pp.
- DURAND, J. H. (1958). — Du nouveau au sujet de la formation des croûtes calcaires s.l. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, t. 49, 4, pp. 196-203.
- DURAND, J. H. (1959). — Les sols rouges et les croûtes en Algérie, Direct. Hydraul. et Equip. rural, *Serv. Et. Sci. Alger*, 188 pp. 2 cartes h.t.
- ERHART, H. (1956). — La genèse des sols en tant que phénomène géologique. *Masson édit.*, 90 pp.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1962). — World sea level and climatic changes. *Quaternaria*, t. VI, pp. 497-524
- FEDOROFF, N. (1961). — Les croûtes et les encroûtements calcaires dans le Midi méditerranéen Français. *Rev. de Géogr. phys. et Géol. dynam.*, IV, n° 1, pp. 43-49.
- GAUCHER, G. (1959). — Les conditions géologiques de la pédogenèse Nord-Africaine. *Bull. AFAS*, n° 12, pp. 564-576.
- GIGOUT, M. (1957). — Recherches sur le Quaternaire marocain. *Trav. Inst. Scient. Chérif., sér. Géol. et Géogr. phys.*, n° 7, 77 pp., 4, 8 pl. h.t.
- GIGOUT, M. (1958). — Sur le mode de formation des limons et croûtes calcaires du Maroc. *C.R. Acad. Sci.*, t. 247, pp. 97-100.
- GIGOUT, M. (1959). — Age, par radiocarbone, de deux formations des environs de Rabat. *C.R. Acad. Sci.*, t. 249, pp. 2802-2803.
- GIGOUT, M. (1960 a). — Nouvelles recherches sur le Quaternaire marocain et comparaison avec l'Europe. *Trv. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, nouvelle série n° 6, 158 pp., 3 pl. phot., 1 pl. h.t.
- GIGOUT, M. (1960 b). — Sur la genèse des croûtes calcaires pleistocènes en Afrique du Nord. *C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, Fasc. 1, pp. 8-10.
- GUILLIEN, Y. (1963). — De l'Eemien à l'Holocène : Eoglacière, Mesoglacière, Néoglacière. *Ann. Géogr.* n° 393, pp. 605-613.
- JOLY, F. (1962). — Etudes sur le relief du Sud-Est Marocain. *Travaux de l'Inst. Scient. chérifien*, série géol. et géogr. phys., n° 10, 578 p.
- LECOINTRE, G. (1926). — Recherches géologiques dans la Meseta marocaine. *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc. Rabat*, n° 14, 158 p., 18 pl. phot., 1 carte coul. 1/200 000.
- LECOINTRE, G. (1952). — Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc. T. I Stratigraphie, T. II Paléontologie. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 99, 172 p., 28 pl. h.t.
- LECOINTRE, G. (1963). — Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc. T. III Acquisitions nouvelles pendant la période 1952-1962. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 174, 76 p., 2 pl. phot.
- LE COZ, J. (1964). — Le Rharrb. Fellahs et colons. Rabat. T. I : Les cadres de la nature et de l'histoire, 482 p., 23 pl. phot.
- MARGAT, J., RAYNAL, R., TALTASSE, P. (1954). — Deux séries d'observations nouvelles sur les croûtes au Maroc (couloir Sud-Rifain et Maroc Central) *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 122, pp. 25-35.
- MAURER, G. (1962 a). — Les hauts niveaux continentaux du bassin de Targuist et des plateaux de la basse vallée de l'oued Rhiss (Rif oriental). *C.R. Acad. Sci.*, t. 255, pp. 1220-1222.
- MAURER, G. (1962 b). — Rapports entre la terrasse marine ouljienne et les niveaux continentaux récents, autour de la baie d'Al-Hoceïma (Rif Oriental). *C.R. Acad. Sci.*, t. 255, pp. 1138-1140.
- MAURER, G. et SCHOEN, U. (1964). — La méthode d'analyse des argiles appliquée à l'étude morphologique du Rif. *Al Awamia*, n° 13, pp. 93-117.
- MENSCHING, H. (1955). — Das Quartäre in den Gebirgen Marokkos. *Geographisch-Kartographische Anstalt*, Gotha, 79 pp. 3 cartes h.t.
- NEUVILLE, R. et RUHLMAN, A. (1941). — Note sur les transgressions marines quaternaires du littoral atlantique du Maroc. *Bull. de la Soc. préhist. franç.*, t. XXXVIII, pp. 205-207.
- PUJOS, A. (1957). — Terres rouges, noires et grises (Problèmes de coloration et de datation des sols méditerranéens étudiés en Afrique du Nord). *C.R. Soc. Sci. nat. Maroc. Trav. Sect. Pédologie*, t. 12, pp. 69-85.
- QUEZEL, P. (1961-1963). — De l'application de techniques palynologiques à un territoire désertique. Paléoclimatologie du Quaternaire récent du Sahara, in « les changements de climats ». Actes Colloque Rome, 1961. Publ., 1963, UNESCO, Paris, pp. 243-249.
- RAYNAL, R. (avec DRESCH, J. et JOLY, F.) (1953). — Deux exemples régionaux de glaciation quaternaire au Maroc. Haut Atlas oriental et Moyen Atlas septentrional. Actes IV^e Congr. inter. du Quaternaire, Rome-Pise, 10 p.
- RAYNAL, R. (1961). — Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya (Maroc oriental). Etude géomorphologique, Rabat, 617 p.
- RAYNAL, R. et TRICART, J. (1964). — Comparaisons des grandes étapes morphogénétiques du Quaternaire dans le Midi méditerranéen français et au Maroc. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7^e série, t. V, n° 4, pp. 587-596.
- ROCHE, J. (1953). — Note préliminaire sur les fouilles de la grotte de Taforalt (Maroc oriental). *Hespéris*, t. XL, pp. 89-116.
- ROCHE, J. (1958). — Chronologie absolue de l'épipaléolithique marocain. *C.R. Acad. Sci.*, t. 246, pp. 3486-3487.
- RUELLAN, A. (1962). — Utilisation de la Géomorphologie pour l'étude pédologique au 1/20 000 de la plaine du Zébra (Basse Moulouya). *Rev. Géogr. Maroc*, n° 1-2, pp. 23-30.
- RUELLAN, A. (1963). — Le rôle des climats et des roches dans les pédogenèses de la Basse Moulouya. O.N.I. 23 p. (Ronéo).
- RUELLAN, A. (1964 a). — in Wilbert. « L'érosion et la classification des sols ». *Rev. géogr. Maroc*, n° 6, p. 15.
- RUELLAN, A. (1964 b). — Etude Pédologique de la Plaine du Zébra. O.N.I. 358 p. (Ronéo).
- RUELLAN, A. (1965). — Le rôle des climats et des roches sur la répartition des sols dans la Basse Moulouya. *C.R. Acad. Sci.*, t. 261, pp. 2379-2382.
- SELLI, R. (1962). — Le Quaternaire marin du versant adriatique ionien de la péninsule italienne. *Quaternaria*, t. V, pp. 391-413.
- WILBERT, J. (1962). — Croûtes et encroûtements calcaires au Maroc; *Al Awamia*, n° 3, pp. 175-192.

Manuscrit déposé le 15 juin 1966.

Polo

[G. BEAUDET, G. MAURER] et A. RUELLAN

LE QUATERNAIRE MAROCAIN
OBSERVATIONS ET HYPOTHÈSES NOUVELLES

Extrait de la
" REVUE DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE
ET DE
GÉOLOGIE DYNAMIQUE "

Volume IX, fasc. 4 - Juillet-Octobre 1967