

les Cahiers de la Recherche Agronomique, n°24,
1967: Congrès de Pédologie méditerranéenne.
1966. Madrid. Excursion au Maroc. T.I, 1^{re} partie
le Milieu marocain, chap. I, N. 1-26.

CHAPITRE I

LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA PEDOGENESE AU MAROC

G. BEAUDET

avec la collaboration de A. RUELLAN

Le Maroc constitue un domaine privilégié de la recherche géomorphologique. Une histoire géologique complexe l'a doté, du Précambrien au Quaternaire le plus récent, de roches variées très diversement disposées, et l'inégale ampleur des mouvements tectoniques fait qu'aux hautes montagnes s'opposent des bassins déprimés: nulle part ailleurs en Afrique du Nord, l'étagement altitudinal ne dépasse 4 000 m. D'autre part, si le thème climatique reste partout le même, faisant alterner saison des pluies hivernales et sécheresse estivale, la présence de l'Océan Atlantique à l'W, l'existence d'un vaste amphithéâtre montagneux prenant en écharpe tout le pays et l'étalement en latitude sur plus de 900 km, expliquent que toutes les variétés du climat méditerranéen soient représentées au Maroc, constituant, depuis le Quaternaire ancien, autant de milieux différenciés pour l'évolution morphogénétique.

I. Aperçu morphostructural du Maroc

Trois domaines structuraux se partagent le Maroc du N au S, chacun d'eux étant orienté WSW-ENE. Au centre, l'épaisse masse atlasique est faite du socle hercynien localement fossilisé

Les Cahiers de la Recherche Agronomique, 24, 1967.

27 JAN. 1970

© R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 13702 B

par une couverture sédimentaire secondaire et tertiaire. Au S, le domaine présaharien est armé par le tréfond précambrien d'Afrique inégalement couvert de sédiments variés s'échelonnant du Primaire au Quaternaire. Au N, le domaine rifain est un empilement de nappes de charriage où couvertures sédimentaires et socle hercynien se chevauchent, poussés vers le S.

A. Au Sud, le domaine présaharien

Le socle précambrien africain apparaît à l'W, dans l'Anti-Atlas, tandis qu'à l'E, il s'enfonce sous des couvertures sédimentaires variées.

L'Anti Atlas est un bombement structuralement dissymétrique : sur sa bordure nord le Précambrien affleure en grandes boutonnières alors qu'au S apparaissent des sédiments primaires de plus en plus récents. Une très longue évolution morphologique a dégagé plusieurs types de paysages. De larges plaines d'érosion se développent sur les roches cristallines du socle tandis que leurs enveloppes volcaniques ou métamorphiques portent les sommets les plus élevés (plus de 2 000 m). De magnifiques formes structurales, faites de corniches et de couloirs d'érosion, sont sculptées dans la couverture primaire : larges synclinaux perchés dans les ensellements du socle précambrien au N, longues crêtes monoclinales comme le Jbel Bani vers le S.

Un chapelet de dépressions jalonnent, au N de l'Anti Atlas, le contact des domaines présaharien et atlasique le long de l'accident sud-atlasique. A l'W, c'est la plaine du Souss remblayée de dépôts quaternaires et s'ouvrant largement sur l'Atlantique par une côte bordée de dunes littorales consolidées. Vers l'E, par delà l'imposant édifice volcanique du Siroua (3 300 m), le fossé du Dades, colmaté de Néogène et de Villafranchien façonnés en glaciais, donne accès au-delà du léger seuil d'Imitère, au Bassin du Rhériss.

Au S, l'Anti Atlas s'ennoie sous la dalle fini-tertiaire de la Hamada du Draâ, localement voilée par les alignements des premiers ergs sahariens.

A l'E de l'Anti Atlas, les paysages sont dominés par des étendues planes superposées, les hamada. Ce sont des plateaux structuraux faits d'empilements sédimentaires couronnés de dal-

les résistantes : hamada crétacées de Meski et des Kem Kem au N et au S du Tafilalt, hamada tertiaire de Boudenib au N et long pédoncule N-S de la hamada plio-villafranchienne du Guir. La dépression du Tafilalt est encadrée par ces plateaux. La couverture primaire du socle précambrien exhumée et affouillée, engendre des crêtes structurales sinueuses, au pied desquelles s'épandent largement les alluvions fines des oueds Rhériss et Ziz, parfois remaniées en dunes.

Les paysages présahariens sont marqués par l'aridité. La couverture végétale est toujours très clairsemée, parfois réduite à un piquetage à peine visible ; les masses vertes des palmeraies des oasis font contraste, mais elles doivent autant au travail humain qu'à la présence de l'eau. Nulle part ailleurs les formes structurales ne sont aussi nettes : *kreb* (corniches) des hamada et crêtes du socle, montrent la roche à vif sans couverture détritique ; les glacis d'érosion recoupent sur des kilomètres, roches cristallines et sédiments à peine voilés de dépôts caillouteux souvent patinés et noirâtres. Au fond des vallées, le lit des oueds est un lacis largement étalé de chenaux divagants, le plus souvent à sec, mais bouleversés par chaque crue ; la plupart des oueds sont endoréiques et se perdent dans des épandages fins (les *maïdere*). Vers le S, les alignements rectilignes ou contournés des dunes et le bossèlement des *nebkas* annoncent les grands ergs sahariens.

B. Au Nord, le Rif

Structuralement, le Rif est constitué d'une guirlande complexe de nappes de charriage mises en place au Miocène et déversées vers le S, à peu près parallèles au littoral méditerranéen du Maroc. Pourtant, c'est surtout de l'E à l'W que les paysages morphologiques diffèrent, reflétant la disposition climatique.

Les parties culminantes du Rif occidental sont modelées dans des nappes gréso-schisteuses. Des crêtes quartzitiques et gréseuses étroites peuvent y dépasser 2 000 m (Jbel Tidirhine : 2 456 m) au centre du massif mais s'abaissent vers le NW. Entre ces crêtes redressées et le réseau dense des vallées bien creusées dans les schistes, se tiennent de longs plans perchés tapissés d'épaisses colluvions, héritages de phases quaternaires d'accumulation qui donnent au paysage une allure aérée ; de hauts

bassins colmatés de Villafranchien viennent encore ajouter à cette aération du relief. L'importance des précipitations et la nature schisteuse des versants favorisent la multiplication des phénomènes de solifluxion qui boursoufflent les pentes, même sous la forêt dense. Au S, avec l'intermédiaire des collines rifaines, le relief s'abaisse dans la zone pré-rifaine, faite de nappes essentiellement marneuses modelées en collines convexes et nues où solifluxion et ravinement combinés accidentent les versants ; ce paysage monotone mais complexe est dominé par des escarpements calcaires énergiques : au N, les petites écaillés des sof, au S, les rides pré-rifaines, fragments de la couverture sédimentaire atlasique ébranlés par la poussée des nappes de charriage. Vers le N, la zone rifaine centrale est bordée par les escarpements subverticaux blanchâtres de la Dorsale calcaire, masse complexe de nappes jurassiques portant des sommets très lourds ; à l'E, cet ensemble calcaire domine directement la Méditerranée par de gigantesques falaises (Bokoya, à l'W d'Al Hoceïma), tandis qu'à l'W il est recouvert par des nappes primaires façonnées en fortes collines qui descendent jusqu'à la mer ou en sont séparées par des plaines littorales portant déjà les marques de l'aridité.

A l'E de la coupure méridienne de l'oued Nekkour, le Rif Oriental est tout différent. Les altitudes s'abaissent vers la Basse Moulouya en même temps que l'aridité s'accroît. De larges plaines plio-villafranchiennes à peine rajeunies, faites de longs glacis encroûtés et d'épandages meubles, sont dominées par de minces crêtes dénudées qui les cloisonnent. Au N, un bourrelet d'altitude soutenue, jalonné d'édifices volcaniques et tronçonné par de basses plaines alluviales, surplombe la Méditerranée. Vers le S et l'E, le passage aux pays de la Moulouya est insensible.

C. Au Centre, le domaine atlasique

Le socle hercynien et sa couverture sédimentaire sont très inégalement déformés ; aux chaînes du Haut et du Moyen Atlas constituant l'ossature de ce domaine, s'opposent les plateaux et les dépressions de l'E et de l'W.

1. Le Haut Atlas

Au S du domaine atlasique, le Haut Atlas s'allonge de l'WSW à l'ENE sur plus de 700 km mais ses aspects diffèrent.

A l'W, le bombement principal fait affleurer le socle primaire et porte les points culminants de la chaîne (Jbel Toubkal : 4 165 m). Les sommets sont lourds car ils dérivent de vieux aplanissements (infra-triasique, infra-crétacé, éogène) portés en hauteur par des pulsations tectoniques qui s'échelonnent du Secondaire au Tertiaire. Par contre, les vallées sont énergiquement entaillées, souvent constituées à l'amont d'anciennes auges glaciaires encombrées de blocailles. En serrant ce noyau primaire, les crêtes monoclinaux des couvertures secondaire et tertiaire alternent avec des dépressions d'érosion façonnées dans les roches tendres ; les affleurements triasiques sont bien souvent griffés de badlands sous une forêt éclaircie. Au centre de la chaîne, les altitudes sont encore soutenues (Jbel Azourki : 3 685 m ; J. Ayachi : 3 751 m) mais seule la couverture sédimentaire, souvent calcaire, affleure, plissée SW-NE en larges synclinaux cloisonnés d'anticlinaux étroits. Monts dérivés et corniches des synclinaux perchés sont souvent modelés en clochetons par le gel quaternaire tandis que leurs pieds disparaissent sous d'abondants débris ; dans les bassins à la végétation piquetée, des glacis étagés dominent de larges lits fluviaux divagants qui se transforment en gorges étroites au passage des anticlinaux. Au N et au S, les fronts chevauchants du Haut Atlas surplombent respectivement, par de gigantesques corniches, les dépressions de la Haute Moulouya et du Tafilalt. A l'E, le Haut Atlas s'abaisse jusqu'à 1 000-1 500 mètres et dans la plaine du Tamlelt le socle hercynien réapparaît en boutonnière, souvent voilé par des épandages plans du Quaternaire, tandis que l'aridité s'accroît encore.

2. Le Moyen Atlas

Le Moyen Atlas diverge du Haut Atlas Central en direction du NE. Constitué lui aussi des puissantes assises secondaires et tertiaires, il offre cependant deux aspects distincts. A l'W, c'est un causse qui se tient généralement vers 1 800 m, mais descend à 1 100 m au S d'Agourai. Le Jurassique inférieur dolomitique et calcaire, lourdement plissé et parfois faillé a été recoupé par une ou plusieurs surfaces d'érosion probablement tertiaire. Des dépressions karstiques et tectoniques aux fonds remblayés de dépôts fins et rouges, parfois occupées par des lacs, accidentent ces horizons plans. Des volcans quaternaires s'y dressent, dominant des coulées basaltiques noirâtres qui s'épan-

dent au N et à l'W dans les vallées du Saïs et du Plateau Central. A l'W, le Causse moyen atlasique surplombe le Plateau Central par une corniche complexe où affleurent les argiles rouges du Trias. A l'E d'une ligne Moyen-Sebou-Guigou-Tazzeka, et jusqu'au-delà de Beni Mellal vers le S, le Moyen Atlas montre une structure franchement plissée et porte les sommets les plus élevés (J. Bou Iblane : 3 190 m, J. Bou Nasser : 3 340 m). Les séries du Jurassique supérieur et du Crétacé, lithologiquement variées, ont permis le dégagement de crêts qui s'opposent aux dépressions marneuses. Synclinaux perchés, monts dérivés et combes, constituent un cortège de belles formes structurales dont les parties les plus élevées ont été ciselées par la cryoclastie quaternaire ou même envahies par des glaciers dont il reste dans les hautes vallées les bourrelets morainiques. Au N, un puissant bombement a permis le dégagement de la boutonnière primaire du Tazzeka tandis qu'au NE, par delà la coupure de la Basse Moulouya, le massif des Beni Snassen est encore un prolongement du Moyen Atlas qui porte les corniches secondaires à 1 500 m.

3. Les pays de l'Oriental

A l'E du Moyen Atlas, c'est encore la couverture sédimentaire du socle hercynien qui affleure le plus souvent.

Les Hauts Plateaux orientaux constituent la terminaison occidentale des hautes plaines oranaises. Bordés au N et au S de bourrelets encore notables (1 700 m) qui font parfois affleurer le socle primaire, ils se tiennent vers 1 100 - 1 300 m et affectent l'allure d'un vaste berceau. Bien qu'ils soient en partie drainés vers la Moulouya, ils sont localement endoréiques et des *sebkha*, vastes étendues planes parsemées d'efflorescences salines, alternent avec des pentes très douces où le ruissellement diffus s'organise durant chaque averse entre les plaques d'alfa.

Le Bassin de la Moulouya est enserré entre le Moyen Atlas à l'W, les Hauts Plateaux à l'E et le Haut Atlas au S ; à l'aval, il s'insinue entre la terminaison du Rif Oriental et les Beni-Snassen avant de déboucher sur la Méditerranée. Ce grand fossé subsident SW-NE a joué à diverses reprises : les couches secondaires sont conservées dans le tréfond et sur les bordures ; au Tertiaire, dépôts marins (Miocène) et continentaux (Pontien, Pliocène) s'y sont accumulés. Cependant, entre la Haute et la

Moyenne Moulouya un bombement transversal du socle fait que l'oued entaille les terrains primaires. Depuis le Villafranchien, ce couloir subsident est façonné tour à tour par le ruissellement diffus et l'érosion linéaire; il en résulte un paysage de vastes glacis étagés et encroûtés dont les plus anciens sont localement déformés.

4. Les plaines et plateaux du Maroc Atlantique

A l'W du Moyen Atlas, le Maroc Atlantique est essentiellement fait des bombements du socle hercynien, cernés de dépressions structurales inégalement profondes.

Les terrains primaires, généralement plissés SW-NE, constituent trois massifs séparés par des ensellements de sédiments plus récents.

— a. Au N, le Plateau Central fait affleurer de puissantes séries schisteuses armées de quartzite et traversées de batholithes granitiques. Deux grandes surfaces tertiaires, emboîtées et doucement déformées, forment deux paliers topographiques dont le plus élevé (1 100-1 300 m) porte de puissants crêts quartzitiques résiduels (1 500-1 600). A l'E, une série de failles dénivellent un compartiment abaissé au pied du Moyen Atlas. Les plateaux massifs sont traversés en gorges par les oueds qui rejoignent l'Atlantique ou le Gharb.

— b. Au S du Plateau Central, le Plateau des Phosphates est un synclinorium crétacé et éocène où se sont accumulés des sédiments marins dont les plus élevés contiennent des sables phosphatés. Cet ensemble, recoupé par une surface tertiaire, et accidenté de très larges vallées probablement façonnées au Néogène s'incline doucement vers l'W et vers le SE (bassin de l'Oum er Rbia).

— c. Au S de l'Oum er Rbia moyen, le massif des Rehamna est constitué d'un noyau granitique entouré d'enveloppes métamorphiques et sédimentaires primaires. Mais une vaste surface d'érosion le nivelle presque complètement, ne laissant subsister que quelques crêtes de quartzite étroites mais hardies, les *Skhour*.

— d. Vers le S, on passe de plain-pied sur la même surface, aux plateaux phosphatiers éocènes de Youssoufia qui s'annoient à l'E sous le Villafranchien et le Quaternaire de la plaine de la Bahira, prolongement occidental du Tadla.

— e. Enfin, la chaîne des Jbilet ferme au N le Haouz de Marrakech. Les plis hercyniens SW-NE, faits de terrains sédimentaires et métamorphiques, ont subi postérieurement un bombement W-E. Aussi, la chaîne est-elle discontinue : les roches dures se dressent en corniches méridiennes séparées de larges cols et de surfaces partielles inscrits dans les terrains tendres par plusieurs cycles d'érosion tertiaires et quaternaires.

Au SE et au S du môle primaire central, se tiennent les plaines intérieures :

— Le Haouz de Marrakech est une dépression modérément subsidente entre le Haut Atlas au S et les Jbilet au N. Les dépôts tertiaires (Oligo-Miocène et Pliocène) résultant de la démolition du Haut Atlas s'y sont accumulés, déformés par des ondulations qui laissent affleurer localement le socle primaire. Au Quaternaire, des cônes de déjection caillouteux, mis en place à partir des *foums* atlasiques (débouchés de vallées) ont repoussé vers le N le cours du Tensift. A l'W, la subsidence s'atténue et des plateaux crétacés et éocènes monotones font transition avec les bas plateaux littoraux.

— La plaine du Tadla est dissymétrique : au NW, elle est bordée par la lente retombée du Plateau des Phosphates tandis qu'au SE, elle est dominée par les corniches du front chevauchant du Moyen Atlas méridional. Cette profonde subsidence a commencé à fonctionner au Néogène, permettant l'accumulation de dépôts continentaux souvent rubéfiés, d'origine fluviale ou lacustre (Pontien et Villafranchien), passant au pied du Moyen Atlas à des cônes de déjection très étalés. Il n'est pas sûr que la subsidence ait continué de jouer au Quaternaire ; en tout cas, l'Oum er Rbia encaisse d'étroites terrasses étagées à travers le Tadla semi-aride.

A l'W du môle primaire central et du N au S, sont les bas plateaux littoraux, Zaër, Chaouïa, Doukkala, Abda, Chiadma, Haha. Bien que les substrats géologiques diffèrent (Primaire dans les Zaër et la Chaouïa méridionale, Crétacé et Jurassique ailleurs), ces bas plateaux offrent bien des traits communs. Ils se tiennent toujours en contrebas des plateaux et moyennes montagnes du môle primaire central, l'escarpement intérieur correspondant généralement à une flexure ; tous ont subi l'invasion des mers plio-quaternaires (en particulier au Moghrébien, transgression intermédiaire entre Pliocène et Quaternaire) qui ont

déposé des calcaires lumachelliques et conglomératiques surmontés de dunes grésifiées. Tous aussi ont été partiellement couverts de formations meubles villafranchiennes : argiles rouges à galets ou sables argileux à pisolithes ferrugineux. Enfin, bien qu'ils soient perchés au-dessus des vallées principales, ces plateaux sont souvent mal drainés, les contrepentes dunaires, les phénomènes karstiques et l'engorgement colluvial des vallons étant responsables de cet endoréisme local.

Au contact du domaine atlasique et de l'ensemble rifain, se tiennent *les plaines et plateaux du bassin moyen et inférieur du Sebou* dont le soubassement est constitué des marnes du Néogène :

— Autour de Fes et de Meknes, le plateau du Saïs est soutenu par une dalle plio-villafranchienne de calcaire lacustre et de conglomérats fluviatiles surmontée d'un mince recouvrement d'argiles rouges à galets et graviers datant vraisemblablement du Villafranchien. L'ensemble est flexuré et défoncé au N et à l'E par le Sebou et ses affluents.

— C'est le même dépôt villafranchien qui se poursuit à l'W, dans les bas plateaux zemmour, mais ici les argiles et les sables reposent directement sur les marnes néogènes. Aussi, l'oued Beht et ses affluents ont-ils façonné d'amples formes convexes s'opposant aux horizons tabulaires du Saïs voisin.

— A l'W, la plaine triangulaire du Gharb est un profond fossé subsident encore actuel où depuis le Miocène (dont la base est à — 2 000 m), les sédiments ne cessent de s'accumuler. Les bordures sont variées : au N, les cailloutis villafranchiens redressés engendrent un relief de synclinaux perchés et de cuestas aux formes convexes ; à l'E, les épandages caillouteux du Quaternaire ancien sont surplombés par les rides pré-rifaines tandis qu'au S le remblaiement sablo-argileux villafranchien de la Mamora s'incline vers la plaine ; à l'W, un empilement de dunes littorales grésifiées quaternaires, le Sahel, sépare le Gharb de l'Océan. Entre ces bordures, la plaine est un ancien marécage flandrien dont les *merja* sont les derniers témoins ; l'alluvionnement récent a exhaussé de quelques mètres des levées limono-sablonneuses qui enserrant le cours divagant du Sebou et de ses affluents.

C'est dans ce cadre lithologiquement et topographiquement varié que la morphogénèse et la pédogénèse quaternaires ont modelé les formes et différencié les sols.

II. L'évolution morphologique et pédologique quaternaire

Depuis plusieurs décennies, les spécialistes des sciences de la Terre ne contestent plus l'existence en Afrique du Nord de variations climatiques quaternaires. La présence de dépôts colluviaux et alluviaux hérités de sols fossiles souvent encroûtés et les traces de transgressions et de régressions marines successives ont finalement permis d'imaginer l'alternance, au cours du Quaternaire, de périodes humides et relativement fraîches, les Pluviaux, et d'époques sèches et probablement assez chaudes, les Interpluviaux.

Le problème est de replacer les phases de pédogénèse et de morphogénèse dans le cadre de ces variations climatiques.

A. Le schéma stratigraphique classique du Quaternaire

Durant les années 1950-1960, le rassemblement d'observations et d'hypothèses éparpillées a permis la mise au point de ce schéma.

Les observations constituant les bases génétiques de cette théorie stratigraphique peuvent être rassemblées sous quatre rubriques :

1. Du point de vue géomorphologique, l'existence de formes et de dépôts glaciaires et périglaciaires hérités dans les hautes montagnes montre que des conditions froides ont localement sévi au Maroc. D'autre part, l'importance des dépôts colluviaux et alluviaux quaternaires suppose une activité des versants inconnue de nos jours, attribuable peut-être à des conditions plus humides. Enfin, l'observation des crues actuelles montre qu'aux plus forts débits correspond la phase d'alluvionnement alors qu'au moment de la décrue les eaux plus claires incisent les accumulations antérieures.

2. Du point de vue pédologique, les sols évolués sont non seulement hérités mais encore leur formation actuelle ne paraît généralement plus possible faute d'une humidité suffisante. En particulier, les dépôts très récents ne semblent pas se rubéfier ou s'encroûter. Là encore, l'existence de phases plus humides est nécessaire à la compréhension des héritages.

3. Du point de vue climatique, les temps hivernaux frais et pluvieux du Maroc correspondent souvent à des situations anti-cycloniques, froides et sèches, en Europe moyenne. On peut donc penser que les Pluviaux d'Afrique du Nord étaient contemporains des Glaciaires européens.

4. Du point de vue eustatique, cinq transgressions quaternaires au moins ont été mises en évidence sur la côte atlantique marocaine. Elles correspondent probablement aux interglaciaires (donc aux Interpluviaux) alors que les régressions intermédiaires seraient synchrones des Pluviaux. Dans ce cas, les versants et les niveaux alluviaux étant supposés mis en place durant les Pluviaux, les sédiments continentaux seraient contemporains des régressions marines tandis que les incisions fluviales dateraient des transgressions.

On peut donc schématiser ainsi le déroulement des événements morphologiques et pédologiques au cours d'une pulsation climatique :

— Pluvial :

désagrégation accélérée des roches (en altitude par le froid) ;

transports actifs sur les versants, en particulier par ruissellement diffus (localement, façonnement de glacis) ;

remblaiement et aplanissement latéral des fonds de vallées encombrés de colluvions ;

pédogénèse rapide des dépôts de versants et des accumulations sous un climat relativement humide.

— Passage du Pluvial à l'Interpluvial :

ralentissement de la désagrégation des roches et des transports de débris, sur les versants, qui fournissent donc moins de colluvions ;

incision des dépôts précédemment accumulés, par des eaux moins abondantes mais plus claires ;

dans les pays calcaires à tendance aride, épandage sur les versants de nappes ruisselantes d'eaux saturées de calcaire qui déposent encroûtements et croûtes calcaires.

— Interpluvial :

Continuation du creusement fluvial ;

Immobilité des versants.

Le recensement des divers niveaux colluviaux et alluviaux et de leurs sols caractéristiques permet donc dans cette hypothèse, de bâtir une stratigraphie du Quaternaire continental et de reconstituer les tendances climatiques de chaque Pluvial (TABLEAU I).

TABLEAU I

Schéma stratigraphique classique du Quaternaire marocain

Pluviaux	Dépôts et sols caractéristiques	Tendance climatique	Equivalent européen probable
Rharbien	Limons gris (Tirs au Rharbien ancien)	Léger rafraîchissement	Néo-Würm
Creusement Soltanien	Limons et cailloutis rouges sans accumulation notable de calcaire	Froid et fraîcheur relatifs	Würm
Creusement Tensiftien	Dépôts caillouteux fréquemment encroûtés	Froid rigoureux	Riss
Creusement Amirien	Limons argileux rouges à taches calcaires	Pluvial doux	Mindel
Creusement Salétien	Blocailles hétérométriques peu encroûtées	Froid intense	Günz
Creusement Régréguien ?	Dépôts fins et cailloutis encroûtés	?	Danube (?)
Creusement Moulouyen	Conglomérats fortement encroûtés	Première manifestation froide	Villafranchien supérieur Danube ?

Simple, séduisant et correspondant le plus souvent à un étalement objectif des formes et des dépôts, ce schéma stratigraphique a été volontiers adopté par les divers spécialistes des sciences naturelles. Cependant, il ne rend pas compte de tous les problèmes morphologiques et pédologiques.

B. Les difficultés du schéma classique

Bien des observations ne peuvent s'insérer dans le cadre de l'hypothèse « classique » :

— Dans les basses vallées des fleuves exoréiques, on constate que les niveaux continentaux quaternaires se raccordent aux plages et aux dépôts eustatiques laissés par des transgressions marines ; or, selon le schéma « classique », les niveaux continentaux devraient, au contraire, plonger sous le zéro actuel et se raccorder à des mers en régression (du moins si l'on accepte la double simultanéité : régression = Glaciaire = Pluvial).

— Du point de vue paléontologique, l'étude des faunes marines et continentales du littoral atlantique laisse entrevoir un milieu climatique quaternaire presque toujours subtropical (faune « de savane » pour le continent, faune « chilo-péruvienne » ou « sénégalienne » en mer) à l'exception de deux rafraîchissements (Amirien, Soltanien). En tout cas, les données paléontologiques n'indiquent aucun bouleversement climatique au Maroc, vraisemblablement demeuré toujours méditerranéen.

— Enfin, l'examen des outillages préhistoriques montre qu'on ne peut assimiler le Soltanien au Würm : l'Atérien (industrie caractéristique du Soltanien) n'est pas contemporain du Moustérien mais doit être parallélisé avec le Paléolithique très supérieur ou même l'Épipaléolithique. Le Soltanien des basses vallées serait donc à rapprocher du Tardiglaciaire (transgression flandrienne) et non du Würm proprement dit.

On pourrait alors conclure qu'il existe une étroite frange littorale « eustatique », où les phénomènes sont différents de ceux de l'intérieur, légèrement décalés dans le temps et plus tardifs. Mais en fait, le schéma « classique » laisse subsister deux malentendus fondamentaux qui incitent à le remettre en cause dans certaines régions.

1. Dans l'hypothèse « classique », l'activité majeure des versants (colluvionnement) prend place durant les phases les

plus humides. Or, l'observation des processus d'érosion actuels montre que l'évolution rapide des versants est bannie dès que la couverture végétale est dense (ce qui d'ailleurs justifie les reboisements en tant que techniques de défense et restauration des sols). Il est par conséquent probable que les Pluviaux aient entraîné l'épaississement puis la fermeture du couvert végétal dans une bonne partie du Maroc (pays atlantiques et frange méditerranéenne au moins); autrement dit, dans ces régions qui ne furent probablement jamais assez froides pour que la vie végétale fût ralentie, les Pluviaux auraient permis la stabilisation des versants et le creusement fluvial (débit accru et colluvionnement ralenti). Inversement, le passage vers l'Interpluvial aurait causé l'éclaircissement de la végétation, l'entraînement des dépôts de pentes hérités de la période pluviale, et le remblaiement fluvial (débit en baisse et charge solide accrue).

Le schéma « classique » ne peut logiquement s'appliquer qu'aux régions où le couvert végétal, ouvert même durant les Pluviaux, permettait une érosion des versants accrue par les eaux plus abondantes; l'hypothèse « classique » s'applique donc aux régions très sèches (où même durant le Pluvial, l'humidité est insuffisante pour fermer la végétation) et aux pays montagnards froids (où, quelle que soit l'humidité, la végétation est clairsemée pour des raisons thermiques).

2. Le schéma « classique » admet implicitement ou explicitement que la pédogénèse fut contemporaine du colluvionnement intense, lors des périodes pluviales. Cela revient à considérer que le dépôt de la roche-mère (colluviale ou alluviale) se faisait en même temps que sa transformation pédologique; c'est pourquoi les coupes-types des sédiments pluviaux décrivent à la fois des données sédimentologiques (texture, classement) et des caractères pédologiques (structure de la fraction fine, coloration, accumulation du calcaire). Or, l'observation montre que la pédogénèse active, entraînant la formation de sols évolués, ne peut se faire que sur des versants stables pourvus d'une végétation dense. La pédogénèse ne paraît efficace que sur des versants où les transports morphologiques sont très lents (reptation, c'est-à-dire déplacement et réaménagement particuliers insensibles, et solifluxion modérée). Dès que l'érosion l'emporte, pour des raisons naturelles (aridité ou froid accusé) ou anthropiques (déboisement), les sols n'évoluent pas, ou bien

s'ils existaient, sont transportés ou fossilisés. Autrement dit, morphogénèse active et pédogénèse notable, alternant forcément dans le temps, sont des phénomènes successifs et non contemporains.

Ces observations ne permettent donc plus de considérer que le schéma « classique » s'applique à toutes les régions marocaines sans distinction.

C. Hypothèses nouvelles

1. Le problème du Villafranchien

L'étendue considérable des dépôts villafranchiens au Maroc rend nécessaire une mise au point quant à leurs conditions de dépôt. La théorie classique considère que le Moulouyen (équivalent marocain d'une partie non précisée du Villafranchien européen) est le premier pluvial quaternaire. Or, deux constatations s'imposent :

— Les sédiments villafranchiens tapissent souvent des glacis d'érosion ou d'énormes plaines ; ils ne peuvent avoir été transportés et déposés que par ruissellement diffus ou des chenaux fluviaux divagants, ce qui suppose des étendues considérables à végétation claire. D'ailleurs, les sables et graviers sont fréquemment éolisés et patinés, ce qui indique aussi une certaine aridité.

— L'analyse minéralogique des argiles villafranchiennes montre fréquemment une proportion élevée de kaolinite, proportion que l'on retrouve rarement dans les sédiments plus récents. D'autre part, dans les régions de roches siliceuses, les schistes n'apparaissent pas dans les dépôts ; seuls y subsistent des quartzites et des quartz (souvent cariés).

Au total, le Villafranchien ne paraît pas assimilable à un dépôt pluvial. A titre d'hypothèse, on peut le considérer comme l'épandage, dans des conditions semi-arides, de sols tropicaux évolués précédemment constitués. Dans cette hypothèse, le Villafranchien apparaît comme un dépôt « rhexistasique » marquant le passage des conditions tropicales assez humides du Pliocène au climat méditerranéen temporairement sec du Quaternaire.

Les différents milieux morphologique

Régions types	Sous-types	Etage bioclimatique (selon L. EMBERGER et CH. SAUVAGE, légèrement modifié)	Installation du Pluvial	Pluvial
Montagnes Atlasiques (Moyen et Haut Atlas)	Océanique (Moyen Atlas occidental)	Humide froid	Froid - Végétation réduite Cryoclastie. Colluvionnement intense (selon les roches) Glaciers locaux. Pédogénèse très réduite.	
	Continental (Haut Atlas central)	Haute montagne et semi-aride froid		
Régions sèches (Est et Sud du Maroc)	Présaharien (Sud Marocain)	Saharien	Pluies plus intenses. Végéta- tion demeurant ouverte. Dé- sagrégation mécanique et ruissellement actifs.	
	Steppique (Haute Moulouya)	Aride		
Montagnes très humides (Rif Occidental)		Humide, frais et tempéré	Végétation très dense. Soli- fluxion par place. Creuse- ment fluvial (débit très abondant). Pédogénèse très active.	
Régions tempérées méditerranéennes et atlantiques	Moyenne monta- gne (Haut Plateau Central, Tazzeka)	Semi-aride frais subhumide	Végétation dense. Versants stables. Creusement fluvia- tile. Pédogénèse active.	
	Bas Pays (Plaines et plateaux atlantiques. N.E. marocain. Frange méditerranéenne)	Semi-aride tempéré et chaud		

pédologiques du Maroc quaternaire

Installation de l'Interpluvial	Interpluvial	Dépôts	Evolution Pédologique
Conditions tempérées et encore humides. Recolonisation végétale. Pédogénèse active.		Dépôts clastiques en partie périglaciaires.	Sols évolués ; en particulier sols rouges ; lessivage de l'argile.
Aridité relative et froid persistant localement. Végétation maigre. Pédogénèse éduite.		Dépôts clastiques souvent périglaciaires.	Sols minéraux bruts ou peu évolués.
Végétation éclaircie. Arrêt du colluvionnement. Mobilisation accélérée des débris ; accumulations colluviales-alluviales.	Arrêt du colluvionnement. Creusement fluviatile (eaux ramassées mais claires).	Dépôts de ruissellement souvent lités.	Sols minéraux bruts ou peu évolués.
Végétation éclaircie mais demeurant localement assez dense pour permettre une certaine pédogénèse.		Dépôts de ruissellement souvent lités.	Sols assez évolués ; par exemple sols isohumiques et carapaces calcaires.
Végétation encore dense. Solifluxion et ruissellement consécutif actifs. Remblaiement fluviatile. Pédogénèse continue en dehors de certains secteurs érodés.		Colluvions complexes (solifluxion, ruissellement, répétition).	Sols très évolués ; présence de sols lessivés
Végétation restant assez dense. Colluvionnement faible et seulement local. Pédogénèse se poursuivant.		Colluvions hétérométriques de répétition	Sols évolués : sols rouges et sols isohumiques ; lessivage de l'argile.
Végétation éclaircie. Erosion des sols anciens sur les versants. Accumulations colluviales-colluviales. Arrêt de la pédogénèse.		Dépôts de ruissellement (localement de solifluxion) essentiellement faits de sols transportés	Sols évolués : sols rouges et sols isohumiques ; lessivage de l'argile.

2. Dépôts et sols du Quaternaire post-villafranchien

Il paraît assuré que l'Afrique du Nord a subi, à plusieurs reprises au Quaternaire, l'alternance Pluvial-Interpluvial. Mais comment, pour chaque région, reconstituer la succession des phénomènes morphologiques et pédologiques ?

Les principes fondamentaux de cette reconstitution sont les suivants :

a. Au cours du Quaternaire, le climat du Maroc est resté de rythme méditerranéen, simplement plus frais et humide (Pluvial) ou plus sec (Interpluvial). Tout ce que l'on connaît des formes, des dépôts et des sols hérités, des faunes fossiles et de la végétation actuelle, le montre.

b. Il est nécessaire de distinguer de grandes régions naturelles où les conséquences des variations climatiques et l'enchaînement des processus morphologiques et pédologiques diffèrent.

c. On peut schématiquement, se représenter chaque période d'installation d'un Pluvial comme une « descente » altitudinale et latitudinale des conditions humides et de la végétation dense dans le pays tandis que les sommets connaissent le froid. Inversement, l'installation d'un Interpluvial a dû entraîner le dessèchement relatif des bas-pays et des régions de basse latitude, tandis que les sommets frais étaient recolonisés par la végétation jusqu'à une certaine altitude. Naturellement, l'ampleur de ces « descentes » et « montées » devait varier d'une alternance climatique à l'autre.

d. La morphogénèse active (colluvionnement intense) n'est possible que sous un couvert végétal clair (au-dessous, semble-t-il, du seuil de recouvrement de 5-7/10), soit que le milieu (ou la période) est relativement sec, soit qu'il est froid. Cependant, les milieux très humides subissent les processus de solifluxion même sous forêt dense (Rif occidental).

e. La pédogénèse notable (évolution prononcée des sols) n'est possible que dans un milieu morphologiquement stable (c'est-à-dire pourvu d'une végétation relativement dense, probablement supérieure au seuil de 5-7/10 de recouvrement). La pédogénèse, si elle existe, ne peut être qu'antérieure ou postérieure à la morphogénèse active.

A titre d'approximation, il est possible de distinguer quatre grands types de milieux quaternaires au Maroc : (TABLEAU II). Naturellement, un tel tableau est nécessairement schématique ; il ne tient pas compte de la diversité des roches, des expositions et des pentes. Cependant, tel quel, il rend grossièrement compte de la distribution des diverses sortes de sédiments et de sols ainsi que de la position stratigraphique des remblaiements (qui dateraient des phases pluviales dans les régions sèches et les montagnes atlasiques, alors qu'ils seraient contemporains des passages Pluvial-Interpluvial dans les bas-pays tempérés).

Il est bien évident qu'un tel schéma ne s'applique pas indifféremment à toutes les périodes quaternaires post-villafranchiennes ; il rend surtout compte du Quaternaire récent (Tensiftien et Soltanien) dont les dépôts, les formes et les sols sont bien conservés. En ce qui concerne le Quaternaire moyen, nos renseignements sont vagues ; on peut seulement supposer, à titre hautement hypothétique, qu'il a vu se succéder une phase humide peu contrastée (Régréguien, Salétien), un Pluvial accusé et froid (Amirien) et un Interpluvial très marqué (Interpluvial Amirien - Tensiftien, probablement contemporain du grand Interglaciaire Mindel-Riss).

Le Quaternaire récent lui-même est assez différencié : le Pluvial Tensiftien (Riss) et l'Interpluvial Tensiftien-Soltanien (Eémien) furent vraisemblablement assez accusés ; par contre, le Soltanien (Würm) et l'Interpluvial suivant (Tardiglaciaire) furent relativement atténués. Quant au Quaternaire très récent, ou Rharbien, il doit être considéré comme un dépôt très jeune (protohistorique et historique) dans les bas-pays tempérés ; sa mise en place coïncide avec le léger réchauffement de l'Antiquité classique, mais déjà l'homme était un défricheur et il se peut qu'une partie des alluvions grises subactuelles soit d'origine anthropique.

Au total, si le schéma proposé s'avère valable, il existerait au Maroc quatre grandes catégories de dépôts superficiels, en ce qui concerne le Quaternaire récent (Tensiftien-Soltanien) :

— Les dépôts morphologiques bruts et pédologiquement peu évolués. Ce serait le cas des régions présahariennes, des hautes montagnes continentales et d'une partie des régions steppiques. Ces dépôts dateraient des périodes pluviales mais les Interplu-

viaux intermédiaires auraient été trop secs ou encore trop froids pour engendrer une pédogénèse notable.

— Les dépôts morphologiques ayant subi une pédogénèse superficielle postérieure : cas des montagnes atlasiques océaniques et d'une partie des régions steppiques. L'Interpluvial aurait été suffisamment chaud et humide pour faire évoluer des sols sur les dépôts et les formes datant des périodes pluviales.

— Les dépôts « lithochromes » ou sols transportés, provenant de l'érosion et de l'accumulation lors du passage Pluvial - Interpluvial de sols élaborés pendant le Pluvial précédent. Ces dépôts, qui ont subi des pédogénèses ultérieures, abondent dans les bas pays tempérés et dans le Rif Occidental.

— Les dépôts et sols hérités en place ; ils ont commencé de se former et d'évoluer sur les versants depuis les époques reculées du Quaternaire récent au moins, et les variations bioclimatiques n'ont jamais été suffisamment accusées pour provoquer leur érosion. C'est le cas des moyennes montagnes des régions tempérées et des versants stables du Rif occidental.

III. Pédogénèse et érosion des sols

D'une manière évidemment trop schématique, on a opposé, chronologiquement et géographiquement, pédogénèse* et morphogénèse. Il est bien vrai que les évolutions rapides de versants (ruissellement, solifluxion généralisée, éboulement, éboulis) sont inconciliables avec la lente différenciation des horizons pédologiques et, à l'occasion, détruisent des sols précédemment constitués ; mais il existe des relations plus nuancées entre les deux ordres de phénomènes qu'il convient de mentionner pour une meilleure compréhension des formes et des dépôts.

A. La pédogénèse et les processus morphologiques

Si l'on en croit des études faites dans le Plateau central marocain, le comportement morphologique de l'eau est princi-

* Comme dans tout ce chapitre, le terme pédogénèse désigne l'ensemble des évolutions physiques, chimiques et biologiques qui transforment la partie superficielle d'une roche ou un dépôt morphologique (une roche-mère) en un profil aux horizons différenciés, engendrant un sol au sens plein du mot. Dans cette optique, la simple désagrégation mécanique n'est qu'une préparation morphologique de la pédogénèse et les « sols minéraux bruts » sont des dépôts morphologiques non pédogénérisés.

palement conditionné, pour des pentes ordinaires (de quelques degrés à 25-30°), par la densité du couvert végétal ligneux. Au-dessus de 7/10 de recouvrement, l'eau de pluie arrive amortie au sol, imbibe plantules et litière et enfin s'infiltré; au contraire, au-dessous de 5/10 de recouvrement, l'eau de pluie frappe avec violence un sol souvent nu, le « dame » et ruisselle en bonne partie, se chargeant au passage des particules compatibles avec sa puissance. Il est évident que la pédogénèse ne peut s'effectuer normalement que sous une végétation dense. En même temps, les processus morphologiques rapides sont exclus (sauf la solifluxion si le dépôt est suffisamment fin et très imbibé); en particulier, le ruissellement, si fréquent dans les régions méditerranéennes, n'existe pas. La pédogénèse est donc surtout le fait des versants stables à couverture dense.

Mais la stabilité n'est pas l'immobilité. De multiples causes provoquent un réaménagement perpétuel des particules du dépôt : variations différentielles de volume liées à l'état hydrique et thermique du sol, activité des animaux fousseurs, passage de l'eau de percolation, implantation, croissance et décomposition des racines. Tous ces menus réajustements se traduisent globalement par une lente migration du dépôt sur la pente, tout mouvement ayant sur un versant une résultante dirigée vers l'aval (du point de vue morphologique, le plan horizontal est rarissime; tout est pente, mais le mouvement est évidemment plus lent sur les pentes faibles). L'ensemble de ces phénomènes mineurs mais finalement actifs à l'échelle géologique porte le nom de reptation (*creep* des auteurs anglo-saxons).

La pédogénèse s'exerce donc dans un milieu lentement mouvant où parfois tel horizon (mieux humecté, plus gonflant ou recélant une vie animale ou végétale plus active par exemple) s'avère un peu plus « rapide » que les autres. Aussi, ne faut-il pas s'étonner de trouver dans les profils pédologiques de ces régions à végétation climacique dense, des pseudo-discordances, des « ravinements » fugitifs qu'un observateur non averti des processus morphologiques peut interpréter comme autant d'apports colluviaux distincts et superposés.

Lorsqu'en sous-bois la litière est discontinue et le tapis d'annuelles clairsemé, il arrive qu'une partie de l'eau de pluie ruisselle, entraînant les fractions fines des horizons supérieurs et concentrant sur place les fractions plus grossières. Ce ruis-

sellement lent donne des profils aux horizons A amincis et grossiers. Cette érosion insidieuse, quasiment insensible à l'échelle de l'observation humaine, est déjà la preuve d'un déséquilibre du milieu ; la pédogénèse est vraisemblablement ralentie (moins d'eau percole) et l'érosion des sols proprement dite débute.

B. *L'érosion des sols*

L'érosion des sols, ou plutôt l'accélération des processus morphologiques d'évolution des versants, peut avoir des causes naturelles. Dans les milieux à tendance aride, ou froide et aride, pourvus d'une végétation climacique ouverte, le ruissellement œuvre sous forme de petits chenaux divagants qui amincissent le dépôt, perchent les touffes végétales et finalement dénudent la roche en place. Dans les régions arides, le vent peut aussi entraîner et accumuler les fractions fines des sols. Dans les régions très humides, la solifluxion arrache des pans entiers de versants même sous forêt dense. Ces processus sont aggravés sur les pentes raides.

L'érosion anthropique résulte d'un déséquilibre introduit par l'homme dans le milieu naturel. Elle est particulièrement active en Afrique du Nord, car l'équilibre naturel végétation-sol-morphogénèse est assez précaire : la grande variabilité inter-annuelle des précipitations (fréquemment de 1 à 3 ou 4) s'ajoute aux contrastes saisonniers d'aridité (les pluies ont lieu en saison fraîche, la saison sèche est aussi la plus chaude) pour modifier largement dans le temps et dans l'espace la densité et l'étendue du tapis végétal ; il en résulte l'apparition d'espaces particulièrement fragiles, menacés provisoirement par l'érosion. Dans ce milieu fragile, la moindre intervention humaine peut entraîner des conséquences graves. En outre, la « pression humaine » est considérable ; non seulement la population marocaine a quadruplé en 50 ans et a dû accroître la production agricole, mais encore la plupart des paysans marocains pratiquent une agriculture et un élevage extensifs : ce sont des défricheurs qui se soucient plus de gagner beaucoup de terre à la culture que d'intensifier la production des surfaces déjà exploitées. Aussi, une bonne partie de la végétation climacique a-t-elle disparu, livrant les sols à l'érosion, particulièrement dans les régions les plus favorisées climatiquement, c'est-à-dire celles où précisément le couvert végétal était le plus dense et la pédogénèse la plus active

(plaines et bas-plateaux atlantiques). L'érosion anthropique accroît en quelque sorte le domaine de l'érosion spontanée.

Pour rendre compte des modalités et de la virulence de cette érosion (spontanée et anthropique), on peut mettre en avant plusieurs facteurs :

— La valeur de la pente :

tout phénomène morphologique se déclenche à partir d'une certaine pente-limite ; par exemple, à titre indicatif, le ruissellement diffus apparaît sur des pentes minimales, le ruissellement concentré à partir de 15° environ (parfois beaucoup moins), la solifluxion en loupes vers 10° et les tassements à partir de 25°.

— La nature du matériel lithologique :

les formations meubles fines et plastiques (roches, dépôts ou sols) sont évidemment les plus sensibles à l'érosion puisqu'elles sont de petite taille et s'imbibent aisément. Au contraire, les roches cohérentes et les sols encroûtés montrent une belle résistance.

— La nature du climat :

le climat peut jouer un rôle direct dans l'érosion des sols, tant à cause de son régime moyen que par les écarts de ce régime. Par exemple, en pays humide comme le Rif, les averses de saison fraîche sont « capitalisées » et c'est au printemps qu'ont lieu les grands arrachements. Au contraire dans les régions à été très sec, les sols argileux sont hachés de fentes de rétraction à la fin de l'été ; les premières pluies d'automne y installent des ravines dévastatrices. Le climat joue aussi un rôle indirect par le biais de la plus ou moins grande rapidité de croissance de la végétation ; par exemple, sur les versants fraîchement déboisés, exposés au S (mésoclimat aride), la végétation reprend lentement et l'érosion la gagne de vitesse ; au contraire, sur les versants de la même région exposés au N (mésoclimat frais), la végétation se réinstalle avant que l'érosion ait causé des dégâts sensibles.

— L'héritage morphologique :

les évolutions morphologiques antérieures conditionnent la raideur de la pente et la nature du dépôt du versant, dont on a déjà examiné le rôle dans le déclenchement de l'érosion. En outre, l'héritage morphologique peut entraîner l'association ou l'exclusion obligatoires des processus d'érosion. Ainsi, une pente d'ar-

rachement raide et toujours « à vif », amène obligatoirement l'apparition du ravinement. Par contre, un paysage bosselé de loupes de solifluxion exclut le ravinement (l'écoulement est interrompu par des contrepentes) et entretient la solifluxion elle-même (les poches désordonnées de dépôts hétérométriques provoquent l'apparition de petites nappes phréatiques captives capables d'engendrer des sous-pressions hydrostatiques locales qui causent les glissements).

— Le mode d'exploitation agricole :

il est inutile d'insister sur des facteurs d'érosion bien connus tels que le sens du labour, la nature des plantes cultivées, l'existence des jachères, le piétinement du bétail, etc...

Il ressort de cette énumération que les facteurs de l'érosion des sols sont multiples et surtout que leurs combinaisons sont innombrables. Il est donc vain de vouloir expliquer ou prévoir l'apparition et la virulence de telle forme d'érosion par tel facteur isolé. En fait, seule une connaissance intime et globale du terrain permet de rendre compte de la nature ou de la probabilité de l'érosion. Par conséquent, il n'existe pas de remède universel à l'érosion des sols : la banquette, par exemple, peut dans certaines conditions enrayer le ravinement ; ailleurs son implantation provoque l'apparition de la solifluxion ou même l'accélération du ravinement. Toute entreprise bien menée de D.R.S. (défense et restauration des sols) doit se fonder sur un recensement complet des facteurs visibles ou possibles de l'érosion (qui, par ailleurs, interagissent), entrepris et interprété par un morphologue. Le coût de l'opération est d'ailleurs moindre que la perte d'hectares de sols due à un aménagement inapproprié.

Au Maroc, la collaboration entre pédologues et géomorphologues a été fructueuse. Ceci est sans doute lié aux facilités d'observation qu'offre la terre marocaine, mais aussi à la conscience de plus en plus vive qu'ont les deux groupes de spécialistes d'envisager deux aspects de la même réalité : les sols s'élaborent sur des dépôts morphologiques et dans un paysage physique global, mais ils sont aussi le milieu où s'implante la végétation (dont le rôle en géomorphologie apparaît de jour en jour plus capital) et constituent les matériaux de la future évolution morphogénétique.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BEAUDET, G., G. MAURER et A. RUELLAN — 1967. Le Quaternaire marocain : observations et hypothèses nouvelles. — Rev. Géogr. phys. et Géol. dynam, vol. 9, fasc. 4, pp. 269-309.
- BIBERSON, P. — 1961. Le cadre paléogéographique de la Préhistoire du Maroc atlantique. — Publications du Service des Antiquités du Maroc, Fasc. 16.
- BIROT, P. et J. DRESCH — 1953. La Méditerranée et le Moyen Orient — T.I., Coll. Orbis, P.U.F., Paris.
- CHOUBERT, G. — 1957. Essai de corrélation des formations continentales et marines du Pléistocène au Maroc — Actes du V^e Congrès de l'INQUA, Madrid.
- CHOUBERT, G., F. JOLY, M. GIGOUT, J. MARGAT, J. MARÇAIS et R. RAYNAL — 1956. Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc — C.R. Ac. Sc., t. 243, pp. 504-506.
- DESPOIS, J. — L'Afrique du Nord — P.U.F., Paris, (plusieurs éditions).
- DRESCH, J. — 1941. Recherches sur l'évolution du relief dans le Massif central du Grand Atlas, le Haouz et le Souss — Arrault, Tours, 712 p.
- DRESCH, J., M. GIGOUT, F. JOLY, J. LE COZ et R. RAYNAL — 1952. Aspects de la Géomorphologie du Maroc — Notes et Mém. Serv. Géol. du Maroc, n^o 96, 159 p.
- ERHART, H. — 1956. La genèse des sols en tant que phénomène géologique. — Masson, Paris.
- GIGOUT, M. — 1960. Nouvelles recherches sur le Quaternaire marocain et comparaison avec l'Europe. — Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon, nouvelle série.
- JOLY, F. — 1962. Etudes sur le relief du SE Marocain. — Trav. Inst. Sc. Chérifien, Sér. Géol. et Géogr. Phys., n^o 10, 578 p.
- LECOINTRE, G. — 1952-1963. Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc. — Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, n^{os} 99 et 174, 3 tomes, 198 p., 173 p.,

- LE COZ, J. — 1964. Le Gharb. Fellahs et colons. — Deux tomes, Rabat, 1005 p.
- MARTIN, J., H. JOVER, J. LE COZ, G. MAURER et D. NOIN — 1964. Géographie du Maroc. — Hatier, Paris, 255 p.
- MAURER, G. et U. SCHOEN — 1964. La méthode d'analyse des argiles appliquée à l'étude morphologique du Rif. — Al Awamia, Rabat, 13, pp. 93-117.
- RAYNAL, R. — 1961. Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya. — Faculté des Lettres, Rabat, 573 p.
- RUELLAN, A. — 1965. Le rôle des climats et des roches sur la répartition des sols dans la Basse Moulouya. — C.R. Ac. Sc., t. 261, pp. 2379 et 2382.