

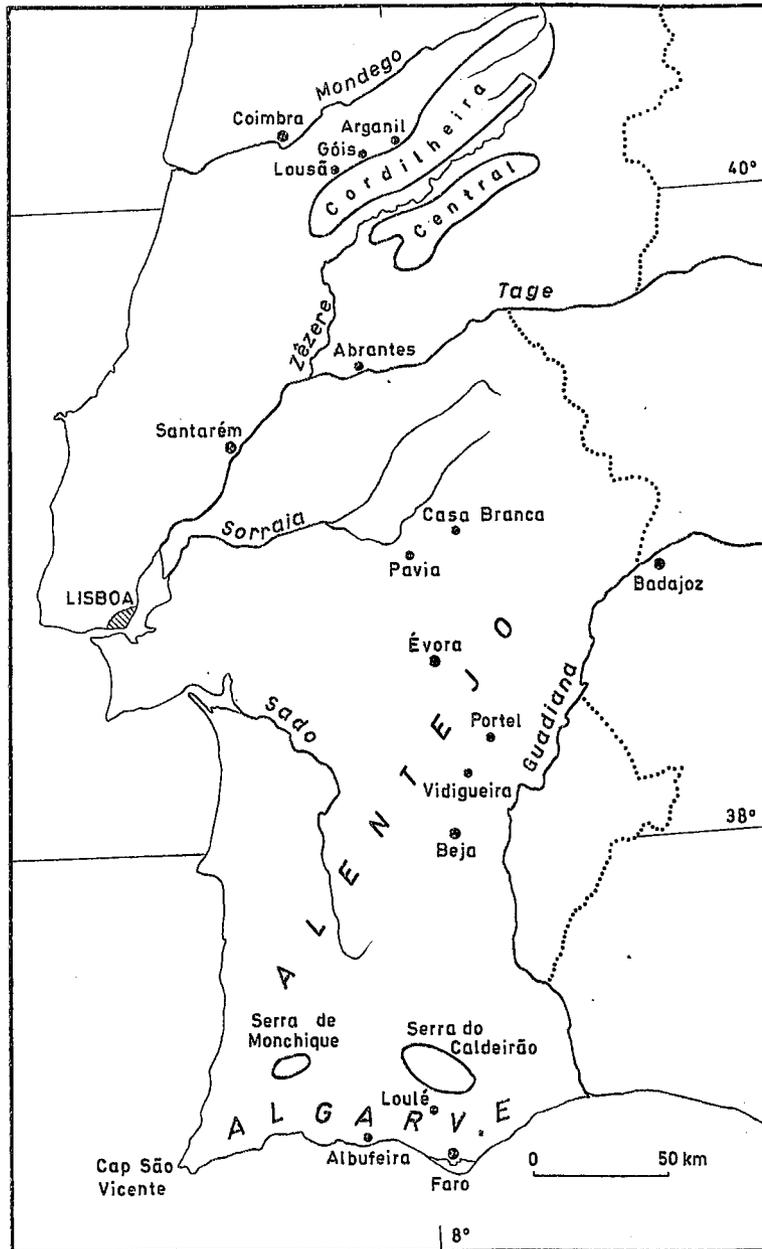
OBSERVATIONS SUR LE QUATERNAIRE CONTINENTAL ET SA MORPHOGENESE DANS LE SUD ET DANS LE CENTRE DU PORTUGAL

Les pages qui suivent ont pour unique prétention de faire part des réflexions suggérées par les notes de terrain prises au cours de sorties effectuées en compagnie de collègues portugais, géographes pour la plupart ⁽¹⁾, géologues pour quelques-uns, dans la région de Coimbra (bassin de Lousã), en Alentejo et en Algarve (fig. 1). Notre préoccupation a été surtout de chercher à préciser la conformité ou l'originalité des formes et formations quaternaires, que nous avons rencontrées, par rapport à leurs équivalents connus dans diverses régions de la zone méditerranéenne plus ou moins voisines.

Alors que la côte méridionale du pays se trouve déjà dans l'étage bioclimatique ⁽²⁾ semi-aride (indice xéothermique variant de 100 environ au Cap São Vicente à 120 vers la frontière espagnole), l'intérieur de l'Algarve et l'Alentejo

⁽¹⁾ Je remercie vivement mes collègues Mme S. Daveau et Mr O. Ribeiro, professeurs à l'Université de Lisbonne, ainsi que leurs collaborateurs, pour la préparation qu'ils ont assurée de mes deux récents séjours au Portugal et pour leur participation au programme de terrain. J'ai également bénéficié en Alentejo et en Algarve de la précieuse expérience de Mr M. Feio, professeur à l'Université d'Évora, qui a bien voulu nous accompagner durant quatre journées de sortie. Pour la mise au point définitive du texte de cet article je dois à l'aimable collaboration de mes collègues du Centro de Estudos Geográficos de Lisbonne les figures 1, 4 et 5. Mme Suzanne Daveau s'est rendue sur le terrain, dans le bassin de Lousã, en compagnie de Mme Fernanda Alegria, afin de m'apporter sur quelques points importants les précisions souhaitées qui me manquaient et j'ai tenu le plus grand compte de ses très utiles remarques.

⁽²⁾ L'explication des types climatiques est donnée en annexe.



Des Aènes

Fig. 1 — Carte de localisation des lieux cités dans le texte.

oscillent autour de la limite du subhumide et du semi-aride (Beja: 95). C'est une situation comparable à celle de la Meseta atlantique du Maroc (Rabat: 92; Mechra Bel-Ksiri: 98). Par contre les *serras* qui dominent le bassin de Lousã, au Portugal central, appartiennent, en raison de leur forte pluviosité, à l'étage bioclimatique humide subméditerranéen (indice xéothermique inférieur à 40). Cette région s'apparente donc à l'ensemble du Nord-Ouest ibérique.

Cependant la tectonique et l'évolution morphostructurale ont combiné leurs effets avec ceux du climat pour accentuer les divergences entre Portugal méridional et Portugal central. En Alentejo et en Algarve, comme dans la basse Meseta atlantique du Maroc, le paysage est dominé par les vastes déploiements d'une surface d'aplanissement parachevée pendant la transition plio-quadernaire et faiblement retouchée par la suite, si ce n'est tout au long des entailles de quelques grandes vallées. L'arrière-pays de Coimbra, de son côté, comme les régions situées plus au Nord, a été vigoureusement marqué par un jeu persistant de la tectonique, exhaussant certains compartiments par rapport à d'autres (S. DAVEAU, 1976), ce qui a exacerbé localement l'érosion linéaire et créé les conditions favorables à un étagement très diversifié de niveaux quadernaires. Les formations superficielles corrélatives de ces derniers, par leur mode de sédimentation et par les caractères des altérations subies, portent le témoignage de la succession paléoclimatique intervenue entre le Villafranchien récent et l'Holocène. Tenant compte de quelques critères définis ailleurs (R. RAYNAL, H. NONN, G. CRIQUI, 1968; R. RAYNAL, 1974), nous n'avons procédé ici qu'à une première approche, afin de dégager les orientations d'une recherche exhaustive future.

I. LA TRANSITION PLIO-QUADERNAIRE EN ALENTEJO
ET EN ALGARVE: CARACTERES GEOMORPHOLOGIQUES,
SEDIMENTOLOGIQUES ET GEOCHIMIQUES
DU «VILLAFRANCHIEN»

En Alentejo et en Algarve de vastes étendues de terrain n'ont été que peu affectées par les mouvements orogéniques récents, d'autres ont subi des déformations ou accidents rela-

tivement simples. Ainsi l'on peut reconnaître sans trop de peine et suivre de proche en proche les vestiges du dernier aplanissement général, qui a précédé le façonnement des vallées intervenu au cours du Quaternaire: ils se manifestent par un paysage à l'allure de *meseta*, semblable à celui des bas plateaux du Nord-Ouest marocain, non seulement par la topographie, mais aussi par la nature des séries géologiques et formations affleurantes. Les données acquises au Maroc à la suite de nombreuses études d'abord ponctuelles et multidisciplinaires, puis plus récemment grâce à des recherches plus systématiques et plus directement géomorphologiques (G. BEAUDET, 1969), nous fournissent des critères d'une interprétation en première approche concernant l'évolution de l'Alentejo et de l'Algarve au cours de l'importante et longue période de transition, à la fois tectonique et climatique, qui se situe dans le Villafranchien.

1. EN ALENTEJO

Une pénéplaine relativement monotone s'étale tout autour d'Évora, dans un rayon de plusieurs dizaines de kilomètres. Vers le Nord elle tranche à la fois une série paléozoïque métamorphique et des éléments de batholite granitique, plus localement des formations sédimentaires cénozoïques, essentiellement calcaires. Au Sud d'Évora par contre sur la même surface affleurent des témoins d'accumulations détritiques d'origine continentale, considérées comme paléogènes et piégées dans des cuvettes peu déprimées. Il s'agit donc d'un aplanissement polygénique, par érosion et partiellement par comblement, façonné par retouches successives pendant le Néogène (M. FEIO, 1952).

C'est au Nord d'Évora que les faits paraissent les plus simples. La surface ci-dessus évoquée (3), montant insensiblement de 170 m à 220 m d'altitude entre Pavia et Casa Branca, est sporadiquement tapissée d'une formation super-

(3) Selon MARIANO FEIO, il pourrait cependant s'agir ici non de la pénéplaine, mais d'aplanissements liés à un cycle d'érosion plus récent, selon un schéma bien visible, par exemple, dans la vallée du Divor, au Nord d'Évora.

ficielle caillouteuse: on trouve des coupes de celle-ci sur les amples lanières d'interfluve séparant des vallées ou vallons faiblement incisés, dont les versants comportent des ébauches d'un système de glacis-terrasses (fig. 2). Cette couverture alluviale résiduelle se présente en lentilles ou lits de galets de quartz et quartzites aux angles émoussés, dans une matrice

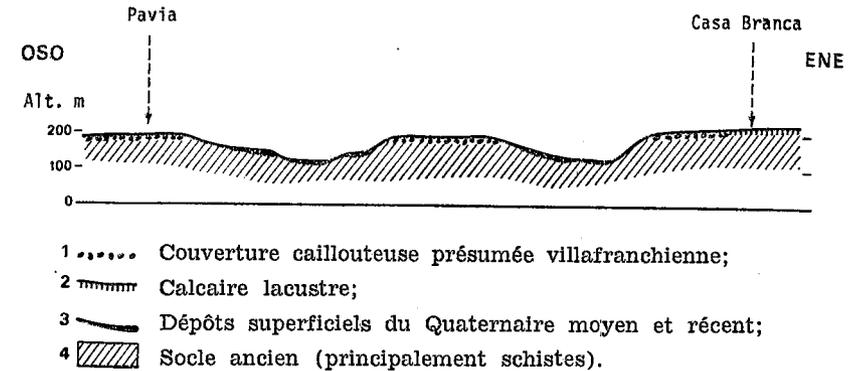


Fig. 2 — La surface villafranchienne de l'Alentejo au Nord d'Évora.

argilo-sableuse rubéfiée (de coloration rouge-orangée). La cassure des quartzites au marteau fait apparaître une large zone de pénétration concentrique des oxydes de fer à l'intérieur: selon les cas la totalité du galet a subi ce type d'altération, ou au contraire un noyau central de roche relativement saine subsiste, de couleur grise (4). Il s'est développé en outre un cortex périphérique de lessivage, donnant une auréole blanche, qui traduit une déminéralisation superficielle intervenue après la ferruginisation. Cependant aux environs immédiats de Casa Branca ce type de dépôt de surface passe latéralement à une nappe de calcaire lacustre (ou plus probablement palustre) de texture friable ou «tufeuse»; de plus une certaine tribéfaction affecte la masse du sédiment ainsi défini. Mais

(4) Voir en annexe le schéma d'altération des galets et grains de quartz au cours des diverses périodes morphogénétiques du Quaternaire méditerranéen.

par contre les horizons supérieurs sont constitués de feuillets de calcaire d'encroûtement, dont la superposition sur une épaisseur de 1 m environ engendre un faciès de dalle.

Surface polygénique presque parfaite topographiquement, formation corrélative rubéfiée à galets de quartzites présentant un double cortex d'altération, passage latéral à des nappes calcaires, qui sont au moins en partie des encroûtements: toutes ces données paraissent être le pendant exact de celles qui caractérisent la basse Meseta du Maroc atlantique, où par surcroît une chronologie relativement précise a pu être établie, d'une part grâce aux relations stratigraphiques des dépôts de surface (analogues à ceux d'Évora) avec des formations marines ou littorales du Pliocène supérieur, d'autre part grâce à la présence d'outillage lithique du type de la *pebble culture* primitive (pour l'ensemble de la bibliographie, cf. G. BEAUDET, 1970). Entre la pénéplaine du Portugal méridional et celle du Maroc atlantique l'analogie des faciès de sédimentation et d'altération a d'autant plus de valeur significative que, de part et d'autre, le substrat structural comporte des unités géologiques comparables (et notamment une importante série schisto-gréseuse), impliquant une fourniture de matériel analogue). Il convient de rappeler par ailleurs que les deux régions se trouvent en milieu climatique de même tendance, à la transition du subhumide au semi-aride. On peut donc admettre comme première hypothèse de travail que dans la région d'Évora, en Alentejo, nous sommes en présence d'une surface d'aplanissement villafranchienne qui fait le pendant de celle du Maroc atlantique, et qui a été parachevée localement par un encroûtement calcaire après des phases successives de fersiallisation et de lessivage.

Par contre de rapides observations sur le terrain montrent que les glacis-terrasses, façonnés au flanc des vallées modestes qui ont été creusées en contre-bas, portent un matériel caillouteux dont les éléments sont nettement moins altérés, dans la mesure où ils ne proviennent pas d'un remaniement de la formation qui tapisse la pénéplaine.

L'implantation d'un réseau hydrographique à partir de la surface présumée villafranchienne présente du reste un autre intérêt, celui de manifester le changement, intervenu postérieurement, dans la pente générale des écoulements. En

effet alors que sur la pénéplaine en cours de parachèvement le secteur de Casa Branca, avec ses dépôts palustres carbonatés, correspondait à une aire nécessairement déprimée, il se trouve présentement en position élevée, d'où s'écoulent vers l'Ouest les branches composantes du Rio Sorraia. Cette dernière inclinaison ne peut être imputée qu'à un gauchissement d'ensemble, en liaison avec la reprise d'instabilité tectonique, qui marque sur tout le pourtour de la Méditerranée la fin du Villafranchien et se poursuit plus ou moins tard dans le Quaternaire.

Mais au Sud d'Évora des mouvements apparemment plus vigoureux ont perturbé l'ordonnance du relief, rompant sa monotonie, créant des compartiments inégalement dénivelés de part et d'autre du horst de Portel-Vidigueira. Sans doute les formations détritiques réputées paléogènes, qui sont conservées dans ce secteur, notamment au Nord de Portel, ont été déjà accumulées dans des cuvettes — du reste peu profondes — dont l'existence est ancienne: mais l'aplanissement villafranchien a nivelé ici par comblement. Or la fraîcheur de l'escarpement de Vidigueira, particulièrement dans les schistes, donne un argument en faveur d'un rejeu récent de différents compartiments: en tout cas la pénéplaine, fragmentée, est remplacée dans le paysage de ce secteur par une juxtaposition d'unités tabulaires d'inégale ampleur en superficie et étagées les unes par rapport aux autres.

2. EN ALGARVE

En poursuivant les investigations vers le Sud du territoire portugais on retrouve en Algarve les mêmes données fondamentales concernant les unités géomorphologiques et les formations superficielles liées à la transition plio-quaternaire; mais les premières ont ici des caractères particuliers en relation avec une plus grande variété locale d'affleurements sédimentaires et avec un jeu de la tectonique manifesté d'une façon plus évidente dans le paysage.

Les faits demeurent encore relativement simples sur une frange sublittorale immédiatement au Nord du Cap São Vicente. Une surface d'abrasion marine d'âge calabrien paraît avoir régularisé une pénéplaine plus ancienne, vraisemblablement

polygénique, qui tranche la structure plissée autour de la Serra de Monchique. Mais cette plateforme littorale, comme les portions de la pénélaine continentale, qui la prolongent en continuité topographique, a été affectée à son tour par des processus de ruissellement subaérien, ainsi que le montrent les placages sporadiques d'une formation détritique peu épaisse (2 à 3 m dans les coupes observées). Le matériel se compose de galets de grès, quartzites et quartz, en lentilles et en lits dans une matrice argilo-limoneuse. Les éléments caillouteux sont anguleux, quoique les arêtes soient légèrement émoussées: localement, dans la partie la plus occidentale de ce secteur, des galets portant la marque d'un façonnement littoral se mêlent, en nombre variable, à la masse du dépôt. La formation ainsi définie a subi une pédogénèse fersiallitante, qui a enrichi la matrice en argile et donné une coloration rouge-orangée. Quant aux galets ils présentent à la cassure la double auréole d'altération déjà notée en Alentejo: cortex déminéralisé à la périphérie, concentration ferrugineuse plus à l'intérieur. Ici comme sur la Meseta marocaine la mise en place de ce type de matériel a succédé à l'ultime transgression pliocène et précède le creusement des vallées. Ici comme là également la rubéfaction, de même teinte et de même intensité à partir des mêmes sortes de matériaux, résulte à l'évidence d'une altération in situ et non d'un apport. La fersiallisation a abouti localement, comme dans le Nord-Ouest marocain ou la région de Bizerte en Tunisie sur les formations d'âge correspondant, à une accumulation de fer libre suffisante pour agglomérer les grains et graviers et développer des feuilletts pelliculaires, ébauches de cuirasse. On peut considérer ce type de cimentation comme un équivalent latéral de l'encroûtement calcaire, et localisé en fonction d'un milieu lithologique plus riche en fer ainsi que d'un milieu climatique à nuance plus humide, notamment en ce qui concerne l'hygrométrie atmosphérique.

Il serait intéressant de retrouver ici les témoins d'une industrie lithique à caractère de *pebble culture*, comme ceux qui abondent sur la frange littorale et sublittorale de la Meseta marocaine.

Plus à l'Est, et notamment autour de la Serra do Caldeirão, la disposition du modelé d'aplanissement général se complique.

Une surface, qui semble l'équivalent de l'aplanissement qui vient d'être évoqué, tranche à la fois le socle et les séries jurassiques, crétacées et cénozoïques de la couverture. L'épaisseur des formations marines qui affleurent ainsi traduit du reste l'ancienneté de la tendance subsidente du Golfe de Cadix. En outre la surface «fini-tertiaire» (lato sensu) ainsi définie a été, dans l'Algarve intérieur, bombée en un dôme d'axe Est-Ouest, culminant à 580 m d'altitude: son flanc Sud-Est est accidenté de failles parallèles au littoral actuel, affectant la couverture mésozoïque et cénozoïque; et il en résulte une pente générale plus accentuée de ce côté que sur le versant Nord de la Serra.

Cependant le massif de l'Algarve intérieur, pénélaine exhaussée et déformée, se trouve séparé du littoral par un piedmont doucement incliné qu'il domine, et qui est découpé en larges interfluves subtabulaires par un réseau de petites vallées. Nous avons donc là une nouvelle surface, topographiquement emboîtée dans la première. Elle correspond à la partie supérieure (plus ou moins tronquée) d'une accumulation sableuse entrecoupée de lits de graviers et de cailloutis (grès, quartzites). Dans cette formation une altération rubéfiante a pénétré en poches profondes, ce qui détermine une couleur rouge-orangée apparentée à celle des dépôts de surface sur les pénélaines d'Alentejo et du Cap São Vicente. Mais ici, du fait d'une tectonique plus vigoureuse, une rupture topographique est intervenue sur le flanc méridional de la Serra, conditionnant des accumulations importantes sur le compartiment affaissé, alors que dans les cas précédents, la dernière surface, avec ses formations rubéfiées caractéristiques, n'était qu'une retouche d'une pénélaine unique et polygénique. En outre la disposition en glacis de piedmont, forme caractéristique du modelé de la zone sublittorale de l'Algarve méridional, est topographiquement perturbée par une accentuation de la pente vers la mer aux abords de la côte: on peut observer en diverses coupes le mouvement plongeant de l'épaisse et complexe série sableuse, qui constitue le substrat de ce piedmont. Cela implique, postérieurement au dépôt, une tendance dépressive accrue du golfe qui sépare ici le continent européen de l'Afrique.

Or nous pouvons considérer que la mise en place de la formation sablo-caillouteuse à sommet rubéfié, définie ci-dessus, date du Villafranchien, au sens le plus large du terme. Plusieurs arguments plaident en faveur de cette détermination.

a) Le long de la côte le matériel d'accumulation sous-jacent à la surface du piedmont est visible, généralement sur une quarantaine de mètres, dans le versant d'une falaise d'érosion qui domine immédiatement la plateforme littorale actuelle. La plus significative de ces coupes est située 5 km à l'Est d'Albufeira, près du signal géodésique de Medronheira. On y observe (fig. 3), tout à fait à la base, une lumachelle à ciment calcaire datée du Miocène supérieur ⁽⁵⁾ et ravinée de vallons (marques d'une régression ultérieure). En discordance repose une formation sableuse à quartz blancs très lavés, où apparaissent quelques lentilles ou bancs consolidés par un ciment ferrugineux. Au-dessus affleure sur une quinzaine de mètres une nouvelle accumulation de matériel fin convenablement stratifié, sablo-argileux. La coloration rouge « lie-de-vin » de ce dépôt résulte de la superposition de lits inégalement rubéfiés, dont les éléments paraissent avoir été mis en place déjà oxydés, et le complexe ainsi caractérisé semble en position ravinante par rapport à l'accumulation sableuse précédente. Enfin les 15 mètres supérieurs correspondent aux sables (rubéfiés in situ), à lentilles et lits de galets anguleux, qui affleurent sur la surface générale du piedmont. Du fait de la pénétration inégale des oxydes de fer en profondeur, des sables demeurés blanchâtres affleurent vers la base: celle-ci correspond à un plan d'érosion qui tronque la série sablo-argileuse sous-jacente.

En l'état actuel des données acquises par les recherches géologiques il semble que les formations à dominante sableuse et sablo-argileuse de la partie inférieure et moyenne de la coupe d'Albufeira soient en relation avec une zone littorale affectée de tendances régressives et transgressives alternées: la présence de quelques bancs de lumachelles, non déterminées avec précision pour le moment, l'atteste. Par contre la profonde altération (sur plus d'une dizaine de mètres), de couleur

⁽⁵⁾ Communication orale de deux des géologues qui travaillent dans ce secteur: MM. Costa Almeida et Rui Migueis, qui ont bien voulu nous consacrer deux journées de terrain.

rouge-orangée, qui affecte les sables et cailloutis du dessus a enregistré le maintien persistant d'une régression sous un climat favorisant l'oxydation du dépôt. Par conséquent, cette série supérieure étant mise à part, la masse sableuse et sablo-

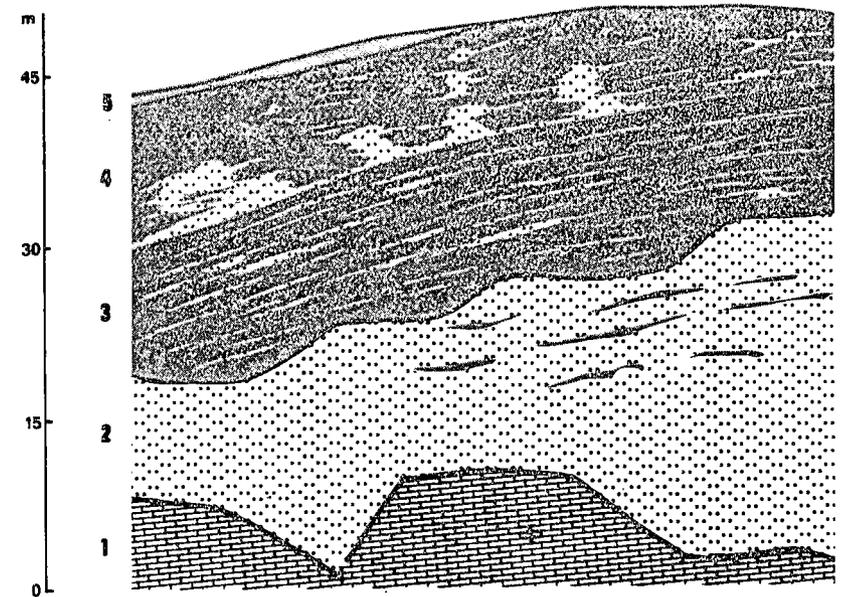


Fig. 3 — Falaise dominant la plage littorale actuelle à l'Est d'Albufeira. 1. Lumachelle calcaire (Miocène supérieur); 2. sables blancs, à bancs localement ferruginisés; 3. formation argilo-sableuse rouge; 4. sables, avec lits de galets et graviers, rubéfiés postérieurement au dépôt; 5. versant de vallon quaternaire.

argileuse accumulée, dont la base succède à une formation littorale du Miocène supérieur ⁽⁶⁾, a pu être mise en place au cours des allées et venues de la mer durant une période correspondant à peu près au Pliocène, sur une plateforme inclinée vers le Golfe de Cadiz. Ainsi la formation supérieure correspondrait au Villafranchien, toujours régressif dans le

⁽⁶⁾ Des dents de requins trouvées dans les sables blancs (formation 2 de la figure 3) pourraient être encore rapportées au Miocène supérieur, selon une information orale des géologues qui étudient actuellement la région.

domaine méditerranéen, et la tendance subsidente du Golfe se serait accentuée postérieurement à cette dernière sédimentation en liaison avec les orogénies fini-villafranchienne ou postvillafranchienne.

b) Le mode d'altération de la formation du dessus a fait l'objet d'un premier examen sur le terrain même. Les galets de grès et quartzites présentent très généralement les deux auréoles (ou cortex) caractéristiques des dépôts de la transition plio-quadernaire et du Quaternaire le plus ancien dans les régions circum-méditerranéennes qui sont affectées (actuellement) d'un climat subhumide, ou — comme ici — d'un climat semi-aride à sécheresse modérée et à atmosphère maritime. L'auréole externe de déminéralisation, masquant la ferruginisation interne, donne aux galets siliceux observés in situ un aspect blanchâtre immédiatement reconnaissable. En ce qui concerne plus particulièrement les quartz, ils sont marqués de profondes caries, où l'oxydation ferrique a pénétré; le cortex de déminéralisation y est également présent, mais d'une manière beaucoup moins apparente à l'œil nu que dans les grès et quartzites, en raison de la résistance intrinsèque de ce type de roche à l'altération et aussi du fait de sa couleur initialement pâle.

Il va de soi que des analyses en lame mince seront nécessaires pour préciser et compléter ces premières observations, de même qu'une étude quantitativement suffisante, au microscope, des modes d'altération (notamment par ferruginisation) des grains sableux de la matrice du dépôt.

c) A Loulé, non loin de l'escarpement qui souligne les affleurements faillés de la couverture mésozoïque de la Serra, la même surface de piedmont, supportée par la formation rubéfiée sablo-caillouteuse, passe à un glacis-cône constitué de galets plats et anguleux, les uns calcaires et issus des assises jurassique voisines, les autres quartzitiques. L'ensemble de ce matériel porte les traces d'une altération rubéfiante, visible à la cassure au marteau. Mais en outre à travers tout le profil la matrice fine a été envahie par une accumulation carbonatée, tufeuse à la base, en feuillets cohérents superposés à la partie supérieure. Dans les régions actuellement semi-arides, et là où le ruissellement peut tirer de la roche-mère du calcaire en solution, un tel faciès s'intègre habituellement

dans les formations de cônes, glacis ou terrasses de l'étage dit «Moulouyen» en Afrique du Nord (Villafranchien terminal). Ainsi, par son climat semi-aride peu accentué dans le sens de la sécheresse, et grâce à une atmosphère fréquemment baigné de masses d'air humides d'origine atlantique, par la juxtaposition d'unités géologiques aux affleurements pétrographiquement variés, l'Algarve méridional, comme la Meseta du Maroc atlantique, présente tour à tour un Villafranchien qui rougeoie de ses concrétions ferrugineuses, ou qui sous-tend ses formes planes par une dalle d'encroûtement calcaire.

II. LES ETAGEMENTS QUATERNAIRES DU BASSIN DE LOUSA

1. OROGÉNÈSE PYRÉNÉO-ALPINE ET APLANISSEMENTS FINI-TERTIAIRES PERTURBÉS

En relation avec l'orogénèse pyrénéo-alpine des massifs centraux de la Péninsule Ibérique la région du Mondego fut affectée depuis le début du Tertiaire par un jeu de la tectonique en compartiments différenciés. C'est ainsi que dès le Paléogène — et peut-être même plus tôt — des cuvettes de sédimentation s'ébauchent et se dépriment plus ou moins, permettant le dépôt de séries sableuses épaisses localement de plus de 200 mètres (Bugaco et Supra-Bugaco). Constitués d'éléments quartzeux de couleur blanche, nettement lessivés, surtout dans les assises de base du complexe, tendant cependant à une certaine hétérométrie par l'accumulation de lentilles ou strates plus fines (et par endroits plus colorées), ces dépôts témoignent d'un ruissellement qui mobilisait et remaniait les altérites du massif ancien du Portugal, sous climat de type tropical. La datation de ces sédiments demeure encore peu précise dans les limites d'une fourchette chronologique étirée du Crétacé (Turonien?) à la fin de l'Éocène (Ludien) (S. DAVEAU, 1976; O. RIBEIRO, 1949).

Avec l'intervention des paroxysmes orogéniques pyrénéo-alpins du milieu du Tertiaire et du Néogène le compartimentage du relief s'accroît, créant de véritables blocs soulevés encadrant des aires d'effondrement délimitées par des fractures, dans l'espace actuellement occupé par les bassins

hydrographiques du Rio Ceira et du Rio Alva. A mesure que les compartiments montagneux voisins se soulevaient, ils ont alimenté en matériel détritique grossier la sédimentation des aires tectoniquement déprimées: les formations de comblement sont des rañas, caractérisées par leur hétérométrie, leur abondance en blocailles volumineuses peu émoussées, par leur hétérogénéité pétrographique dans le temps et dans l'espace (boules ou parallélépipèdes de quartzites, «galettes» de schistes et, plus rarement, boules de granites); cette double diversité est attribuable au fait que l'exhaussement des diverses régions voisines n'était pas synchrone. Par leur faciès et leur structure de telles accumulations témoignent de l'installation d'un type de climat plus tempéré que précédemment quant au régime thermique, mais à pluviométrie irrégulière, d'où l'absence d'altération marquée ou de lessivage du matériel au moment du dépôt; les coupes visibles montrent une imbrication d'amas hétérométriques désordonnés et de lentilles ou lits relativement stratifiés.

Dans la plupart des régions du bassin occidental de la Méditerranée des accumulations de même nature occupent les hauts piedmonts des massifs soulevés par l'orogénie pyrénéo-alpine, et divers critères, variables selon les cas, permettent de leur attribuer un âge «plio-villafranchien», embrassant une période suffisamment longue pour inclure, du moins localement, plusieurs paroxysmes possibles de soulèvement. Ici, du fait de l'existence de dépressions où le comblement compensait plus ou moins bien la subsidence, la topographie de piedmont a été remplacée par des surfaces imparfaites et de caractère mixte, c'est-à-dire d'accumulation ou d'érosion selon les endroits. Des compartiments témoins de ce type de modelé demeurent visibles sur le terrain, très haut perchés, mais ils manquent de continuité par suite de la persistance ultérieure du jeu tectonique, qui a dénivé certains compartiments par rapport à d'autres: ainsi des lanières de plateaux ou des arêtes schisteuses, quoique non résistantes, demeurent en relief à côté de fragments de surfaces d'accumulation à rañas.

Sur les portions de surface fini-tertiaire ainsi définies les formations superficielles corrélatives sont diverses par leur nature et leur faciès. Il s'agit, selon les cas, soit d'un

horizon de rañas tronquées ou superficiellement remaniées, soit d'un dépôt pelliculaire colluvio-alluvial à matrice argileuse de couleur ocre-orangée, comportant des intercalations de lits de galets de quartz et quartzites. Celui-ci a été observé à Catraia dos Poços, à 10 km au NW d'Arganil, sur un lambeau de plateau qui s'étend vers 290 m d'altitude, ce qui représente une dénivellation d'environ 150 m par rapport à la vallée du Rio Alva. Le type de façonnement (arêtes émoussées) et le mode d'altération apparaissent comme semblables à ce qui a été observé dans le matériel des formations superficielles villafranchiennes en Alentejo et en Algarve, notamment par la présence du double cortex. Ces hautes lanières se présentent également comme un équivalent de la surface à rañas et à cuirassement ferrugineux qui s'étend sur le versant méridional de la Cordilheira Central, au Nord d'Abrantes: mais dans ce dernier cas la continuité topographique de l'aplanissement fini-tertiaire n'a pas été notablement perturbée par la tectonique ultérieure.

Quoiqu'il en soit de ces niveaux plus ou moins sommitaux, dominant les vallées du bassin de Lousã, ils nous fournissent le point de départ des excavations qui ont abouti au modelé étagé du Quaternaire proprement dit.

2. TERRASSES ET GLACIS-TERRASSES QUATERNAIRES

Nous n'avons parcouru que rapidement la collection des niveaux de terrasses ou glacis-terrasses déjà signalés et décrits antérieurement (S. DAVEAU, 1976; F. ALEGRIA, 1976); du moins avons-nous pu accéder à un ou plusieurs échantillons représentatifs de chaque étage. L'interprétation des emboîtements topographiques est cependant compliquée en raison de la persistance vraisemblable des mouvements tectoniques au cours du Quaternaire. Ainsi les valeurs absolues ou relatives des altitudes des niveaux en question n'ont pas de valeur rigoureusement significative en elles-mêmes. L'ordre de grandeur de la différence de niveau par rapport au fond d'une vallée principale (la plus voisine) peut seulement en première approximation servir de référence quant à l'ancienneté plus ou moins grande d'un niveau et de sa formation corrélative.

Combinant la description détaillée faite par F. ALBRIA (1976) et nos propres observations de terrain, il est possible de mettre un certain ordre dans la collection des formes et dépôts présumés pléistocènes du bassin de Lousã (figs. 4 et 5). On distinguera ainsi les formations alluviales et les dépôts des pieds de versants dans le fond du bassin d'une part, les

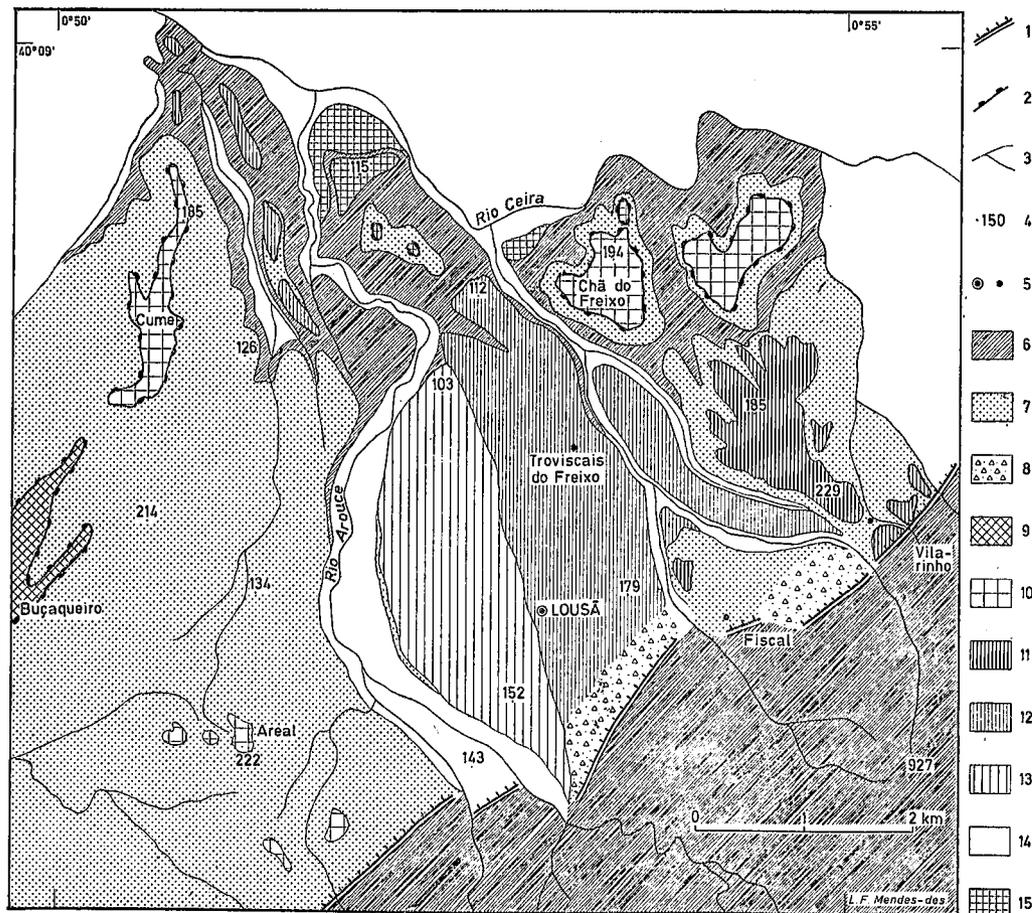


Fig. 4 — Croquis du bassin de Lousã. 1. Escarpement de faille; 2. rebord topographique; 3. cours d'eau; 4. point coté; 5. agglomérations citées dans le texte; 6. schistes; 7. grès; 8. dépôt de pente; 9. niveau de 300 m; 10. terrasses de 200 m, T IV, Günz?; 11. glacis-terrasses, T III, Mindel?; 12. terrasse du Rio Arouce, T II, Riss?; 13. terrasse du Rio Arouce, T I, Würm?; 14. alluvions actuelles; 15. terrasses du Rio Ceira.

lanières résiduelles en position moyenne au flanc des vallées d'autre part, les hauts niveaux enfin.

a) *Dans le fond du bassin.* Les principales artères hydrographiques du bassin, affluents du Mondego, ont faiblement encaissé leur lit majeur en contre-bas d'une nappe alluviale holocène (ou historique), qui n'est presque jamais

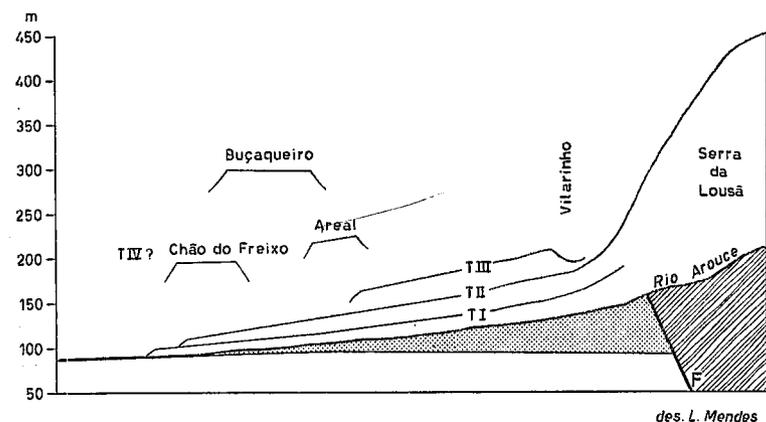


Fig. 5 — Profil projeté schématique des terrasses du bassin de Lousã.

inondée. Immédiatement étagés au-dessus s'étalent des glacis de pied de versant, attribuables à la dernière période pluviale proprement dite du Quaternaire: dans le fond du bassin de Lousã, ils passent à une terrasse qui domine d'ordinaire d'une dizaine de mètres au moins l'ensemble des formations subactuelles du fond de la vallée du Rio Arouce.

Il faut cependant nuancer cette description en ce qui concerne les vallons secondaires affluents taillés soit dans le socle schisteux, soit dans les formations sédimentaires du comblement tertiaire, arénites ou blocailles. De tels vallons ont été observés près de Coja, d'Arganil et de Góis. Leur fond en berceau, à pente longitudinale forte et la fréquente dissymétrie du modelé colluvial de leurs versants en fonction de l'exposition, ces deux aspects combinés témoignent d'une morphogénèse cryo-nivale contemporaine du façonnement du dernier glacis-terrasse, auquel ils se raccordent; mais c'est surtout dans les parties hautes du bassin que la neige et le

gel exerçaient leur action, alimentant un colluvionnement qui migrerait de proche en proche vers l'aval.

Dans le bassin de Lousã, à 10 ou 15 m au-dessus des glacis-terrasses que l'on peut, en première approximation, rapporter au Würm, subsistent des vestiges assez largement représentés du niveau quaternaire immédiatement antérieur. Dans ce cas, comme dans le précédent, l'origine du dépôt est fluvio-périglaciale, comme le montre la composition du matériel visible en coupe: des géli fractes modérément émoussés (schistes et grès du «Complexo xisto-grauváquico», accompagnés de quelques quartz et quartzites). Il a été constaté que la part des cailloutis par rapport au volume terreux est plus importante sur le plus ancien des deux niveaux de glacis-terrasses qui dominent directement la nappe alluviale holocène du fond du bassin. Telle est du reste l'une des caractéristiques constantes des formations considérées comme d'âge rissien par rapport aux formations würmiennes immédiatement emboîtées: cette donnée vaut pour l'ensemble des contrées subhumides et semi-arides du domaine méditerranéen (R. RAYNAL, 1973, 1974). Nous avons pu également noter, dans une coupe correspondant à ce deuxième étage quaternaire proprement dit à compter du fond de la vallée, et située à Troviscais do Freixo (2 km au Nord de Lousã), que la tranche des galets gréseux ou schisteux, après cassure au marteau, ne présente que de légères traces d'altération: des ébauches de cortex ferruginisés, et plus généralement une pénétration faiblement marquée des oxydes de fer en fonction de fissures ou de plans de schistosité. Nous retrouvons là un autre critère distinctif des formations rissiennes en subhumide: il convient du reste de l'utiliser de façon à la fois qualitative et statistique, notamment par comparaison avec le même matériel pétrographique prélevé sur les divers niveaux quaternaires à un endroit donné d'un bassin-versant (R. RAYNAL, H. NONN, G. CRIQUI, 1968). Il va de soi que ces observations de terrain constituent une première approche avant une étude sédimentologique plus détaillée en laboratoire.

Nous croyons opportun d'évoquer enfin un troisième critère relatif au même niveau, celui de l'occupation du sol, telle qu'elle apparaît à la lumière de l'étude faite par F. ALEGRIA (1976). Le niveau de terrasses de l'avant-dernier pluvial dans

le bassin de Lousã ne fait pas exception à une règle très généralement vérifiée dans les milieux subhumides méditerranéens (R. RAYNAL, 1970): en raison de la prépondérance quantitative du matériel grossier, relativement perméable, cet étage géomorphologique se prête à l'arboriculture et à la viticulture plus qu'aux cultures assolées saisonnières. Le fait est d'autant plus remarquable ici dans le paysage qu'il s'agit en outre, selon F. ALEGRIA, de monocultures pratiquées traditionnellement en exploitations de dimensions relativement grandes, contrairement à la polyculture par petites parcelles qui prévaut sur les plus bas niveaux.

b) *Les niveaux perchés en position «moyenne».* Ils sont représentés par des restes de glacis de pied de versant ou des glacis-terrasses tronqués à l'amont, formant dans le paysage des replats ou des lanières-témoins, dont le mieux conservé est celui de Vilarinho. Leur façonnement s'inscrit clairement dans le cadre des diverses vallées actuelles des affluents du Mondego. On notera qu'ils se situent à une altitude relative moyenne d'une quarantaine de mètres par rapport au fond des vallées.

Mais plusieurs sortes de complications perturbent ce schéma. D'abord ces altitudes relatives varient notablement d'un cas à l'autre parmi les témoins conservés. En outre au flanc d'une même vallée on peut enregistrer la présence soit d'un seul niveau correspondant à cet étage, soit de deux, étagés l'un par rapport à l'autre, mais altimétriquement voisins, comme c'est le cas à Fiscal. De plus, le profil longitudinal du glacis-terrasse de Vilarinho est sensiblement plus tendu que celui des formations alluviales plus récentes. Par rapport au Rio Arouce, la dénivellation est de 70 m à l'amont du lambeau conservé et seulement de 40 m à l'aval (fig. 5). D'autre part les dépôts colluvio-alluviaux corrélatifs présentent des faciès apparemment hétérogènes: ici des galets menus inégalement émoussés, partiellement du type «géli fract», en lits dans une matrice plutôt argileuse; là des dépôts grossiers comportant des blocs. D'après F. ALEGRIA (1976) certaines coupes comportent du matériel grossier à la base et une formation sédimentaire plus fine et mieux stratifiée vers le haut.

En fait le critère d'unité de ces divers vestiges de glacis-terrasses quaternaires en position altimétrique «moyenne» doit être recherché dans le type d'altération. Nous avons examiné sur un témoin de ce niveau des galets de schiste et de grès, irrégulièrement lités dans une matrice fine, à la faveur de deux coupes situées à Vilarinho, l'une près de l'ancienne école et l'autre près du nouveau bâtiment scolaire. Une auréole externe de ferruginisation (cortex rubéfié) paraît assez généralement présente, encore que son épaisseur soit variable (de 1 mm à plus d'un centimètre). La cassure des galets souligne de plus la forte pénétration d'argiles oxydées le long des fissures ou plans de schistosité. On retrouve donc là les caractères habituels de l'altération subie par les dépôts du Quaternaire moyen en milieu subhumide méditerranéen, et çà et là jusqu'en milieu semi-aride. Cela va de pair avec le développement d'une pédogénèse fersiallitique donnant le faciès dit «amirien» en Afrique du Nord. Lorsque la tectonique n'a pas sérieusement perturbé les conditions de sédimentation de cet étage, le matériel déposé comporte surtout des lits de galets menus interstratifiés avec une matrice sablo-argileuse ou limono-argileuse. Mais ici la diversité des calibres caillouteux et des structures de sédimentation visibles dans les coupes pourrait provenir d'une persistance des mouvements tectoniques, engendrant un jeu de compartiments inégalement affectés, et par conséquent des différences de pentes et de dynamiques du ruissellement d'un bassin-versant à l'autre. C'est probablement aussi ce qui explique la forte pente longitudinale du glacis-terrasse.

c) *Les vestiges de niveaux alluviaux quaternaires en position élevée.* Certains niveaux topographiques, portant des restes de couverture alluviale, se trouvent en position élevée par rapport aux fonds de vallées, tout en étant emboîtés en dessous des témoins des surfaces attribuables à la période villafranchienne (cf. ci-dessus, 1). D'une vallée à l'autre il semble que les termes de corrélation ou de comparaison soient malaisés à établir. En effet les altitudes relatives n'ont plus de signification fiable dans la mesure où les mouvements tectoniques ont diversifié, au cours du Quaternaire ancien, les conditions d'enfoncement des cours d'eau. Les faits

demeurent relativement clairs dans les compartiments peu touchés par l'exhaussement ou affectés d'une tendance modérément dépressive par rapport à leur voisinage (S. DAVEAU, 1976). Dans ce cas les niveaux en question se situent en position perchée d'une centaine de mètres environ au dessus des fonds actuels de vallées.

Une coupe sur l'un d'eux, le lambeau de Chão do Freixo (196 m), situé 3 km au Nord de Lousã, montre une formation de gros blocs de quartzites, dont le diamètre moyen est l'ordre de 30 cm, mêlés à des galets plus petits de schistes, grès, quartz et quartzites. Ceux-ci ont subi ici une altération à la fois très poussée et complexe. Un cortex externe de déminéralisation est présent sur un grand nombre d'entre eux, quelle que soit la nature de la roche d'origine: il s'est développé aux dépens d'une auréole de ferruginisation antérieurement imprégnée dans la masse du galet. Les quartz eux-mêmes présentent des caries internes importantes, tapissées d'oxydes de fer et d'argiles. Les traces ainsi laissées par une ou plusieurs phases de lessivage intense après fersiallisation seraient à préciser par une étude sédimentologique et géochimique plus fine. De toute façon il résulte de nombreuses analyses d'échantillons prélevés dans des formations quaternaires en disposition étagée (R. RAYNAL, 1968, 1970, 1975) que cette évolution géochimique polyphasée et comportant un certain bilan de déminéralisation caractérise le Quaternaire pré-mindélien des régions subhumides ou humides subméditerranéenne, c'est-à-dire les périodes allant du Villafranchien supérieur au Günz inclus.

Les études publiées jusqu'à présent sur le bassin de Lousã, évoquant la pluralité des témoins de ce type de niveaux du Quaternaire ancien, les ont décrits comme une famille de formes résiduelles échelonnées topographiquement à diverses altitudes au dessus de la cote 200 (altitude absolue). On observe en effet une altération du même genre sur les galets schisto-gréseux qui couronnent la colline d'Areal (222 m), 3 km à l'Ouest de Lousã. Le faciès des formations alluviales est varié, elles sont soit menues et stratifiées, soit d'un type approchant celui des rañas. Ces dernières sont probablement imputables à un pluvial d'âge Günz, comme il en existe ailleurs (rañas de «deuxième génération»), puisque ces formes se trouvent emboîtées d'une centaine de mètres dans un niveau supérieur,

conservé sur la colline du Buçaqueiro, située à quelque 5 km à l'Ouest de Lousã (fig. 4). Le sommet de la colline est constitué par un complexe de formations caillouteuses hétérométriques et pétrographiquement très hétérogènes, dont la partie supérieure, un peu moins grossière et d'apparence plus fluviale, est fortement altérée. Ce «niveau de 300 m» pourrait représenter le Villafranchien supérieur, tandis que l'accumulation plio-villafranchienne serait surtout conservée un peu plus à l'Est, en particulier dans la haute colline de Sacões (596 m), où les formations hétérométriques atteignent une épaisseur de plus de 300 m (').

3. CONCLUSIONS

Les observations de terrain ci-dessus mentionnées permettent d'affirmer la conformité générale de l'évolution du bassin de Lousã au Quaternaire par rapport aux régions subhumides et humides subméditerranéennes qui ont fait l'objet d'études. D'une part les diverses formations sédimentaires, sur les niveaux étagés, portent la marque de périodes «pluviales» successives: elles tirent leur origine pour une bonne part de la désagrégation cryo-nivale des roches affleurantes à l'amont des bassins-versants locaux et elles ont été mises en place par une dynamique combinant, en proportions variables, les processus de colluvionnement et un ruissellement compétent. D'autre part chacun des cycles paléoclimatiques et morphogénétiques intervenus au cours du Quaternaire a son originalité propre, attestée dans une certaine mesure par le mode de sédimentation, et plus nettement encore par le mode d'altération des dépôts qui la caractérisent.

Sans doute faut-il apporter sur ce point des précisions complémentaires par une étude systématique de la morphoscopie et de la pétrographie des grains sableux des matrices fines, par l'examen en lame mince des tranches des galets, par l'analyse des argiles des divers niveaux.

Le critère d'altération ainsi confirmé trouverait une application fructueuse dans l'élaboration d'une synthèse du Quaternaire du Portugal central, qui permettrait d'apprécier le

rôle exact de la tectonique. Dans la mesure où ce critère, à défaut d'autres, fournira une chronologie — au moins relative — suffisamment claire, il permettra une meilleure appréciation des anomalies locales qui apparaissent, soit dans la multiplicité des niveaux, soit dans l'ampleur inégale de leur étagement.

RENÉ RAYNAL

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALEGRIA, F. (1976) — «A Bacia Topográfica da Lousã. Características Físicas e Ocupação do Solo», *Finisterra*, n° 20, p. 187-228.
- BEAUDET, G. (1969) — *Le Plateau Central Marocain et ses Bordures* (Thèse), Rabat, 460 pages.
- (1971) — «Le Quaternaire Marocain; État des Études», *Revue de Géographie du Maroc*, n° 20, p. 3-56.
- DAVEAU, S. (1976) — «Le Bassin de Lousã. Evolution Géomorphologique, Sédimentologique et Morphologique», *Memórias e Notícias*, n° 82, p. 95-115.
- FEIO, M. (1952) — *A Evolução do Relevo do Baixo Alentejo e Algarve*, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 186 p.
- RAYNAL, R., NONN, H., CRIQUI, G. (1968) — «Glacis étagés et Formations Quaternaires de Galice Orientale et de Leon: Observations et Données Nouvelles», *Revue de Géomorphologie Dynamique*, n° 3, p. 97-117.
- RAYNAL, R. (1970) — «Géomorphologie et Vocation des Sols dans les Pays du Bassin Occidental de la Méditerranée», *Analele Universitatii Bucuresti*, XIX, p. 21-34.
- (1973) — «Quelques Vues d'Ensemble à propos du Périglaciaire Pleistocène de la Méditerranée Occidentale», *Biuletyn Peryglacjalny*, n° 22, p. 249-256.
- (1974) — «Réflexion Méthodologique en Vue d'une Typologie des Milieux Subhumides Méditerranéens», Université Louis-Pasteur, C. G. A., *Travaux labor. étude rég. sèches*, n° 1, p. 3-10.
- (1975) — «Essai de Synthèse de Quelques Données Acquisées sur le Quaternaire Ancien des Marges Humides du Domaine Méditerranéen», *Études Géographiques (Mélanges G. Viers)*, Toulouse, p. 467-476.
- RIBEIRO, O. (1949) — *Le Portugal Central*, XVI Congrès Int. Géogr. Lisbonne, Livret-guide de l'Excursion C, 179 p.

(') Paragraphe rédigé par S. DAVEAU et F. ALEGRIA.

ABSTRACT

The landforms of the Alentejo and Algarve regions had been moderately, though unequally, affected by recent orogenic movements, but above all they are characterized by the extensive remnants of a polygenic surface, which has been lastly shaped during the Villafranchian period. This chronological sequency takes into consideration the superficial deposits that are associated to this surface: quartz, quartzite and sandstone gravels altered by a fersialitic pedogenesis; their geomorphological situation and their lithology are exactly similar to those of the upper part of the Mamora deposits in northwestern Morocco: there the present-day climate is a transitional one from the subhumid to the semi-arid type, just as in the southern third of Portugal.

This above-mentioned detritic formation is thin in Alentejo and at the São Vicente Cape, and get thicker in the coastal area of the southern Algarve region. There it becomes an accumulation «glacis» in a foot-hill position, covering a sedimentary series which has mostly a continental origin and can be attributed to the Pliocene; such a accumulation depends upon the subsidence trend of the Cadiz Gulf.

The Mondego basin in central Portugal had been very much affected by the pyreneo-alpine orogeny, compartmented in blocs that show topographical contrasts, where the remnants of a late Tertiary peneplanation are very discontinuously placed and put at various altitudes. Within this region the basin of Lousã contains a set of quaternary «glacis» and terraces, where the sedimentological and geochemical characteristics of the superficial deposits show more evidences for dating than the altitudinal arrangements. One can find the impacts of the various pleistocenice morpho-climatic periods of the mediterranean subhumid and semi-arid regions.

ANNEXE

Les notes ci-dessous ont été extraites par Ana Ramos Pereira, du Colloque sur «Quaternaire et sols dans le domaine méditerranéen», proféré par le Professeur R. Raynal au Centro de Estudos Geográficos de Lisbonne, en 1978. Elles sont destinées à faciliter la lecture de l'article et à diffuser auprès des géographes portugais les conclusions principales sur le Quaternaire méditerranéen auxquelles est parvenu l'auteur.

I — Explication des types climatiques

x: indice xéothermique: nombre de jours biologiquement secs.
Voir H. GAUSSEN «L'indice xéothermique au Portugal», *Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais*, 2, 12, 1968/69, Lisboa, p. 237-248.

subhumide: x compris entre 40 et 100 (± 5) jours

HD: hiver doux et humide, moyenne de janvier supérieure à 7° C

HM: hiver marqué

semi-aride: x compris entre 100 et 200 jours

SM: sécheresse modérée ($x < 130$)

S : sécheresse marquée ($x > 130$)

sub-aride: x compris entre 200 et 250 jours

II — Cycle morpho-climatique quaternaire

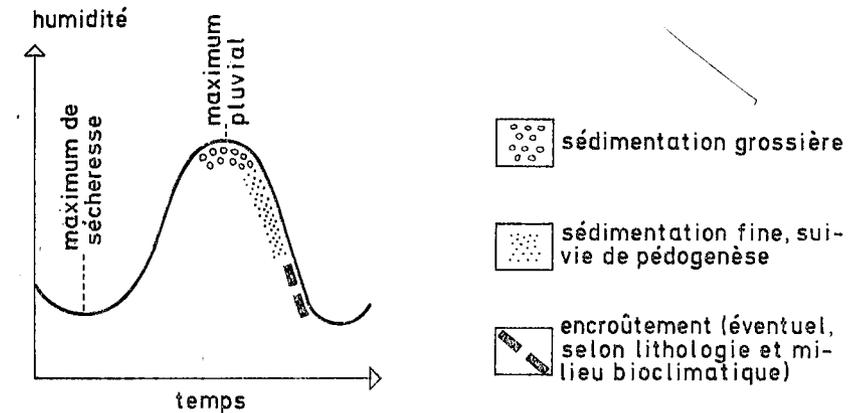


Fig. 6 — Cycle climatique quaternaire et ses répercussions sur la sédimentation et la pédogenèse en régions méditerranéennes.

III — Symboles des argiles

K : kaolinite
V : vermiculite
At: atapulgite
M : montmorillonite

Is : interstratifiés
I : illite
Cl: chlorite

Périodes morphogénétiques	Formes particulièrement caractéristiques	Formations sédimentaires
PLIO-VILAFRANCHIEN SUPERIEUR (PVC) (Biber?)	Hautes surfaces d'aplanissement	Accumulations caillouteuses (bocailles, 1ère génération de raña)
1 ^{er} pluvial VILAFRANCHIEN SUPERIEUR (Donau, Moulouyen) T _v	Glacis-cônes de piedmont (immenses)	Accumulations caillouteuses + matériel fin intercalé Gélifraacts par endroits
2 ^e pluvial QUATERNAIRE ANCIEN (Günz, Salétien) T _{IV}	Cônes de bocailles Mouvements de masse (solifluxion) Dépôts de pente	Blocs, 2ème génération de raña (évacuation des éléments fins) Grèzes consolidées
3 ^e pluvial QUATERNAIRE MOYEN I (Mindel, Amirien) T _{III}	Glacis et terrasses	Sédimentation fine, quelques lits grossiers à la base (limon, graviers et argiles)
4 ^e pluvial QUATERNAIRE MOYEN II (Riss, Tensiftien) T _{II}	Sculpture glaciaire en haute montagne Formes périglaciaires (solifluxion) assez générales, sauf en subaride Glacis et terrasses	Colluvions et alluvions caillouteuses Moraines en haute montagne Grèzes encroûtées en moyenne montagne
5 ^e pluvial QUATERNAIRE RECENT (Würm, Soltanien) T _I	Sculpture glaciaire en haute montagne Formations de pente non consolidées Glacis et terrasses	Colluvions et alluvions à matériel fin ou caillouteux selon les épisodes et les localisations Moraines en haute montagne Grèzes en moyenne montagne
HOLOCENE, SUBACTUEL	Terrasses de crue Dépôts de pente peu épais et localisés	Matériel caillouteux final («Guerre de Troie») Matériel sablo-limoneux dans la masse des terrasses de plaine

Evolution Géochimique et Pédologique Fini-Pluviale (retouches ultérieures)		
Subhumide 40 < x < 100	Semi-aride 100 < x < 200	Subaride 200 < x < 250
Différenciation climatique modérée		
Pédogénèse fersiallitique Sols épais généralement tronqués K, V, I, Cl	Pédogénèse fersiallitique (sols moins épais) K, V (traces), I, Cl	Pédogénèse partiellement fersiallitique. Croûte calcaire saumon K, V (traces), I, Cl
HD: Péd. fersiallitique (granules ferrugineuses), sols abondamment lessivés HM: Péd. fersiallitique (granules de fer ou taches calcaires) K, V, Is, I, Cl	SM: Péd. fersiallitique (croûte calcaire complexe) S: Croûtes à dalles, sols fersiallitiques peu épais K, V, Is, I, Cl	En croûtement en dalle (2-3 m d'épaisseur), ébauche de pédogénèse fersiallitique K, At parfois, I, Cl
HD: Péd. fersiallitique à concrétions ferrugineuses localisées (sols épais) HM: Sols fersiallitiques intercalés entre croûtes conglomératiques (lessivage) K, Is, V, I, Cl	Cônes cimentés avec éléments localisés de sols rouges (lessivage)	
HD } Sols fersiallitiques, plusieurs mètres, recarbo- HM } natés (sols rouges à taches) Is (M, néoformation), At, K (traces)		Sols fersiallitiques ébauchés Croûte calcaro-gypseuse At, Is (M)
HD: Sols fersiallitiques peu épais et caillouteux HM: Sols fersiallitiques à horizon calcaire (CCa) I, Cl	Sols fersiallitiques avortés ou ébauchés Croûtes à feuillets I, Cl, At	Croûte calcaro-gypseuse ou gypseuse I, Cl, At
HD: Sols fersiallitiques faiblement développés avec granules de calcaire HM: Ebauche de sol I, Cl	Sols beiges (fersiallitisaiton embryonnaire) SM: Feuillet de croûtes de gypse I, Cl	Croûte gypseuse I, Cl
Pédogénèse embryonnaire		
Sols bruns Sols hydromorphes localisés, «tirs»	«Tirs» sur surfaces planes Plus généralement, sols bruns, faiblement développés	Sols embryonnaires steppiques (horizons faiblement différenciés, couleur grise)

V — Description succincte des types de sols

Sols fersiallitiques: sols à horizon A peu épais et horizon B bien développé, avec accumulation de fer et d'argile.

Ce sont des sols de climat tempéré chaud à saison sèche marquée, caractéristiques des climats méditerranéens, très colorés par des oxydes de fer bien individualisés.

Sols bruns: sols riches en humus à horizon A épais, plus ou moins acide, et horizon B modérément différencié.

Ces sols se développent dans les climats tempérés humides ou méditerranéens subhumides.

Vertisols et «tirs»: sols à horizons peu différenciés, à teneur en calcaire variable et riches en argiles de type montmorillonite.

Ces sols peuvent se développer sous un climat relativement sec ou du moins caractérisé par une saison sèche marquée, en conditions de drainage médiocre (bas-fonds).

Sols beiges: sols à horizon A lessivé et horizon B modérément enrichi en fer et argile.

Ces sols sont caractéristiques des climats semi-arides.

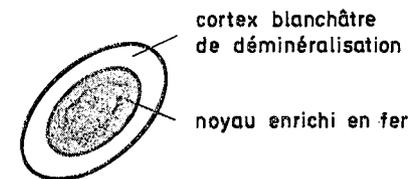
Sols hydromorphes: sols toujours ou temporairement saturés d'eau, à horizon humifère plus ou moins épais, horizon B₁ à concrétions d'oxydes de fer ferrugineux dans la zone d'oscillation de la nappe et horizon B₂ constamment imbibé d'eau de couleur gris-verdâtre ou gris-bleu générale (gley) ou par taches (pseudogley).

Ce sont des sols caractéristiques des climats humides ou subhumides comportant des alternances de processus d'oxydation et de réduction.

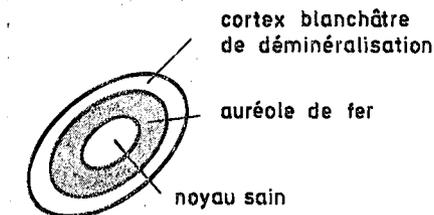
VI — Types d'altération

Galets

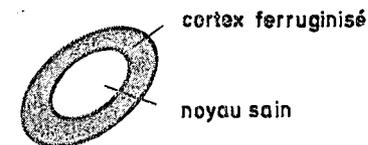
Villafranchien supérieur



Quaternaire ancien (Günz)



Quaternaire moyen I (Mindel)



Quaternaire moyen II (Riss)

galets sans cortex ou avec cortex ferrugineux très mince

Grains

forme initiale: pellicule ou gangue ferrugineuse



restes d'une gangue ferrugineuse après lessivage partiel



fine pellicule ferrugineuse



grains non émoussés et luisants

Fig. 7 — Schéma des types d'altération des galets et des grains de quartz, au cours du Quaternaire, en régions méditerranéennes.