

Pedus

Utilisation de la géomorphologie pour l'étude pédologique au 1:20 000 de la plaine du Zebra (Basse Moulouya)

par

A. RUELLAN

Office National des Irrigations

Ingénieur pédologue ORSTOM

Les sols étant un résumé assez parfait du milieu naturel qui les a fait naître, qui les a fait évoluer et dans lequel ils évoluent encore, toute étude pédologique ne peut se concevoir qu'en fonction de ce milieu. Le pédologue, avant et pendant ses prospections, doit étudier ce milieu, ou plutôt, s'il le peut, doit le faire étudier par les spécialistes compétents. Il doit, en tous les cas, le connaître le mieux possible, car c'est à lui que revient le travail de faire apparaître les liens qui existent entre ce milieu et ses variations d'une part, les types de sol et leur répartition d'autre part. Ces liens une fois connus, il peut alors exécuter son travail pédologique beaucoup plus logiquement et rapidement car il est en droit de s'aider d'une part de l'observation de ce milieu, d'autre part, des méthodes d'études utilisées par les autres spécialistes.

Parmi les éléments de ce milieu l'un des plus importants est bien entendu le relief; il doit être vu sous un angle descriptif mais surtout sous un angle dynamique: évolution ancienne et actuelle des formes et des dépôts. L'étude géomorphologique du milieu est donc indispensable et ceci est particulièrement vrai au Maroc où les sols sont, pour la plupart, très vieux: pédogénèse et répartition des sols sont intimement liées à ce que fut l'évolution géomorphologique. Au Maroc où, grâce aux remarquables travaux des géographes, les recherches géomorphologiques, en particulier pour le Quaternaire, sont très avancées, une étude pédologique ne peut donc se concevoir sans être précédée, ou plutôt accompagnée d'une étude géomorphologique précise et le pédologue doit tout au cours de son travail faire appel aux méthodes des géomorphologues. Précisons tout de suite que ceci ne veut pas dire que le pédologue doit devenir un géomorphologue: les méthodes et l'étude

géomorphologiques sont indispensables au pédologue mais elles ne doivent pas remplacer les méthodes et l'étude pédologiques.

Dans le cadre des études générales qui doivent toujours précéder l'équipement et la mise en valeur d'un périmètre irrigué, nous venons de terminer, en compagnie de M. MASSONI, pédologue ORSTOM, la carte pédologique au 1/20 000 de la plaine du Zebra. Cette plaine de 15 000 hectares est située dans le Maroc Oriental, sur la rive gauche de l'Oued Moulouya, à une trentaine de km de la mer et fait partie avec les plaines des Triffa, Boarg et Gareb, du futur grand périmètre irrigué de la Basse Moulouya, périmètre de l'Office National des Irrigations dont l'équipement et la mise en valeur sont déjà bien avancés sur la rive droite de l'Oued Moulouya.

Dans cette note, qui ne concerne que le Secteur Nord de la Plaine du Zebra que nous avons étudié personnellement, il sera tenté, par la comparaison des cartes géomorphologiques et pédologiques, et par la description des méthodes suivies, d'insister sur les trois points suivants:

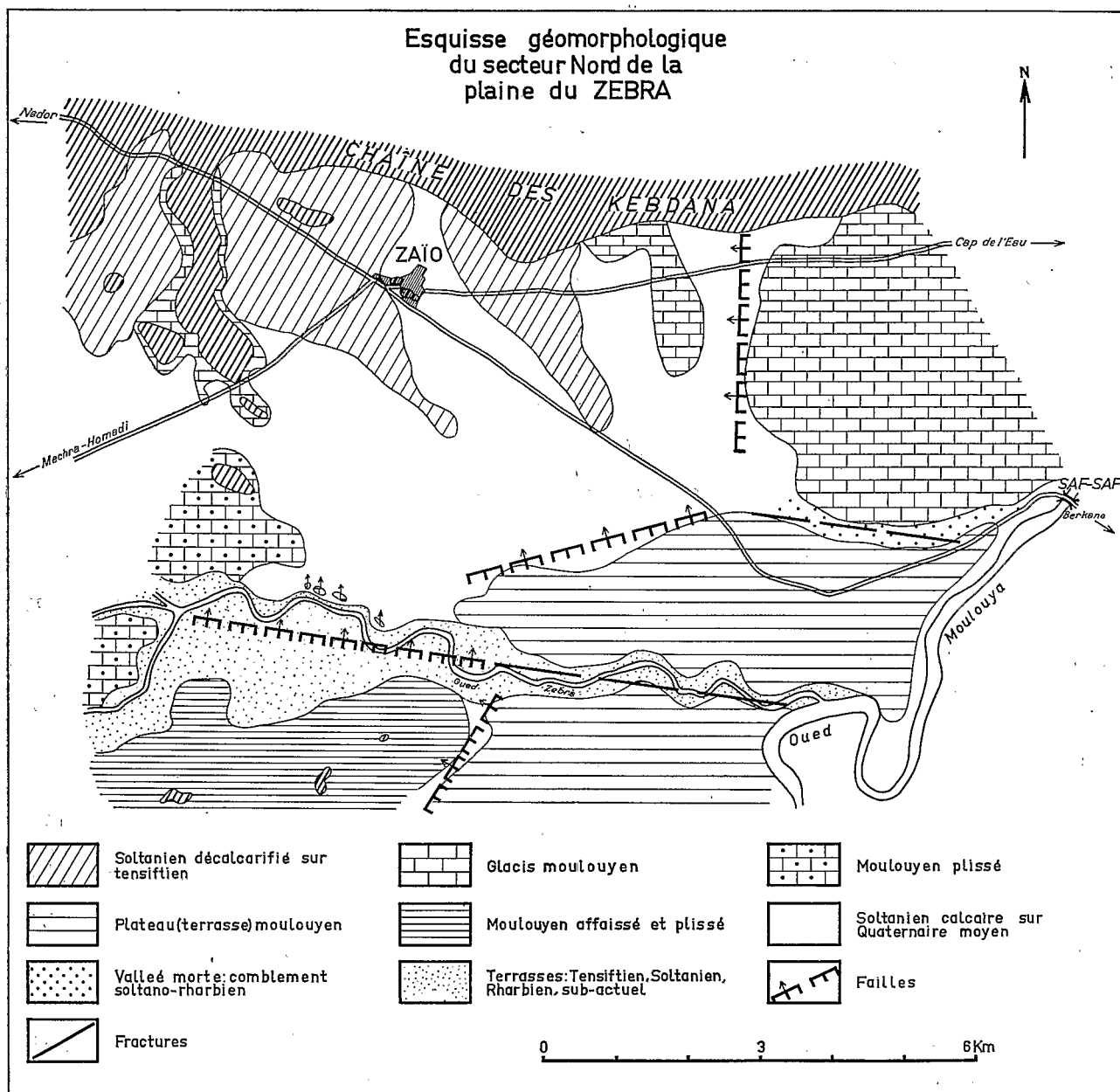
- 1° En quoi et comment la géomorphologie doit contribuer à l'exécution du travail pédologique;
- 2° Quelles doivent être, à notre avis, les limites de l'utilisation de la géomorphologie en matière de cartographie et de classification des sols, limites qui, si elles sont dépassées, risquent de diminuer de beaucoup la valeur et la précision du travail pédologique;
- 3° Quelle est, inversement, l'aide qu'une étude pédologique détaillée peut apporter à l'étude géomorphologique.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

11 JANV 1967

n° B 71133



I. — LE CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE



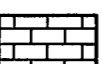


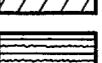
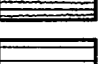
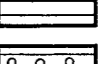
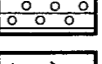
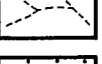
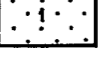
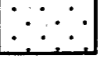

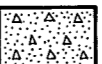
Sans entrer dans les détails, car nous aurons l'occasion d'y revenir plus loin, décrivons rapidement le cadre géomorphologique de ce secteur Nord de la Plaine du Zebra.

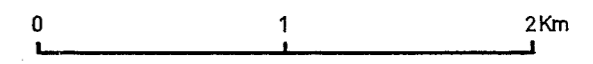
Ce cadre c'est d'abord la chaîne des Kebbana, au Nord, sur laquelle s'appuient tous les glacis d'accumulation du Quaternaire. Cette chaîne a eu et a encore une très grande influence sur la Plaine du Zebra;

influence géologique et géomorphologique, mais aussi, et c'est sur ce point que nous voulons insister, influence climatique. Cette chaîne est en effet responsable, en arrêtant les influences marines, du climat continental presque aride qui règne sur la Plaine du Zebra, climat donc très différent de ceux qui règnent sur les autres plaines, plus froid en hiver, plus chaud en été, nettement plus sec. Il n'y a pas encore de données météorologiques précises pour la Plaine du Zebra, mais cette aridité vient d'être confirmée par une étude de la végé-

PLAINE DU ZEBRA
 (Basse Moulouya)
 Secteur Nord
 Carte des formations quaternaires



-  Butte Miocène.
-  Soltanien sur Amirien sur Villafranchien ; ou Soltanien sur Villafranchien (Villafranchien à moins de 80 cm de profondeur) ; croûte tensiftienne de haut de versant.
-  Croûte moulouyenne faiblement enterrée (30 à 50 cm de profondeur).
-  Croûte régrégienne (?) ou croûte moulouyenne effondrée, faiblement enterrée (30 à 50 cm de profondeur).
-  Soltanien sur Amirien ; ou Rharbien très peu épais sur Soltanien, sur Amirien (Amirien à moins de 60 cm de profondeur).
-  Croûte tensiftienne majeure faiblement enterrée (30 à 50 cm de profondeur).
-  Tensiftien indifférencié faiblement enterré (30 à 60 cm de profondeur) : croûte tensiftienne majeure ; ou croûte tensiftienne mineure ; ou Soltano-Rharbien sur Tensiftien majeur ; ou Soltano-Rharbien sur Tensiftien mineur sur Tensiftien majeur.
-  Idem : couverture soltanienne caillouteuse peu calcaire (<10 %).
-  Axes de drainage le long desquels le Soltanien peut dépasser 60 cm d'épaisseur.
-  Terrasses du Soltanien ancien.
-  Terrasses du Soltanien récent.
-  Rharbien ou Sub-actuel, de plus de 60 cm d'épaisseur, en cônes de déjection près de la montagne, au fond des talwegs encaissés dans le reste de la plaine.
-  Terrasses rharbiennes et sub-actuelles.
-  Zones fortement érodées : fonds d'oueds, pentes fortes.



tation effectuée récemment par M. PERSEGLIO, phytosociologue de l'ONI. Cette aridité est par ailleurs bien mise en évidence par l'étude comparative des sols des plaines des Triffa et Zebra, ce qui prouverait, étant donnée l'ancienneté des sols, que tout au long du Quaternaire le climat de la Plaine du Zebra a été le plus aride. Nous aurons à revenir sur ce point.

Le cadre géomorphologique, c'est ensuite tous les glacis-terrasses du Moulouyen, recouverts de leur énorme croûte calcaire, et surtout tous les mouvements tectoniques qui se produisirent à la fin du pluvial Moulouyen: ce sont eux qui dessinent les traits essentiels du relief de la plaine. Il y eut des failles et fractures nombreuses; il y eut des plissements avec reprise d'érosion dans les synclinaux, reprises d'érosion accentuées par l'arrivée de l'inter-pluvial; il y eut surtout l'effondrement de toute la zone Nord où on ne retrouve la croûte Moulouyenne que, d'une part, tout à fait en bordure des Kebdana, d'autre part en bordure de l'Oued Zebra avec un fort pendage vers le Nord.

Cette grande zone effondrée connut ensuite tout au long du Quaternaire, un remplissage. On eut successivement:

— Les cônes caillouteux Salétiens, qui n'apparaissent jamais en surface, mais que nous avons pu reconnaître grâce à des puits; ces cônes sont très épais en bordure de la chaîne des Kebdana mais ne sont pas descendus très loin dans la plaine;

— Puis les limons argileux de l'Amirien qui, eux, peuvent apparaître près de la surface, mais seulement dans le bas de la plaine, là où le recouvrement Tensiftien est faible;

— Puis les limons moins argileux, plus caillouteux, du Tensiftien en couverture épaisse près de la chaîne des Kebdana, s'amenuisant quand on descend vers le Sud;

— Enfin les limons soltaniens, toujours peu épais (quelques dizaines de cm) et les dépôts rharbiens qui, forment des petits cônes en bordure de la chaîne des Kebdana, ou, dans le reste de la plaine, se localisent dans les fonds de vallée.

Nous avons donc là une plaine d'accumulation où les limons se sont recouverts les uns les autres, sur une épaisseur variable. Epaisseur variable en fonction de l'éloignement de la montagne, mais aussi, et ceci va rendre la cartographie pédologique difficile, en fonction des érosions qui se sont produites pendant les inter-pluviaux.

Le cadre géomorphologique, c'est enfin l'Oued Zebra qui limite notre terrain au Sud, oued dont le cours est guidé par les accidents tectoniques de la fin du Moulouyen et bordé de terrasses: c'est la seule zone de la plaine où les dépôts quaternaires sont visiblement emboîtés.

II. — ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DES TERRASSES DE L'OUED ZEBRA

Quand nous avons entrepris notre travail pédologique, sachant l'importance qu'il y avait à dater les sols, c'est-à-dire à définir ce que chaque étage du Quaternaire portait comme sol, nous avons cherché à travailler dans une zone géomorphologiquement facile. Cette zone ne pouvait être la plaine d'accumulation où à l'époque nous ne comprenions pas grand chose. Ce qu'il nous fallait, c'était une zone de terrasses bien emboîtées. C'est donc en bordure de l'Oued Zebra que nous avons commencé notre prospection et notre premier travail fut purement géomorphologique: identification et étude morphologique des terrasses.

Une fois cette reconnaissance faite, nous avons alors entrepris d'étudier les sols, terrasse par terrasse.

Avant de donner les résultats de cette première prospection, ouvrons une brève parenthèse pour décrire rapidement ce que sont les pédogénèses qui ont toujours présidé à la formation des sols de la Plaine du Zebra. Tous les sols appartiennent à la classe des sols steppiques isohumiques, et dans cette classe à la sous-classe des sols steppiques à profil saturé; et presque tous appartiennent au groupe des sols steppiques, sous-groupe des sols bruns-rouges steppiques. Ceci signifie qu'il y eut donc essentiellement quatre processus d'évolution:

1° La steppisation proprement dite, c'est-à-dire la répartition isohumique, profonde, de la matière organique; c'est un phénomène qui semble se faire rapidement, en quelques dizaines d'années.

2° Le lessivage du calcaire, avec accumulation en profondeur; c'est un phénomène beaucoup plus lent, exigeant certainement, sous un climat comme celui de la plaine du Zebra, de nombreux siècles pour commencer à être visible.

3° La rubéfaction des horizons de profondeur, qui est certainement très lente aussi.

4° L'accumulation d'argile en profondeur, par lessivage ou néoformation, qui est certainement le phénomène le plus lent.

Il faut signaler aussi la salure et l'alcalinisation qui affectent presque tous ces sols, ceci en profondeur, à partir de 40-50 cm. Mais il est difficile de dire s'il faut les attribuer à un caractère de roche-mère ou à une évolution pédologique ancienne.

Revenons-en maintenant à l'étude pédologique des terrasses.

a) Les terrasses sub-actuelles

Sur ces terrasses, qui subissent encore l'action des très grosses crues, on ne trouve que des sols très jeunes

qui commencent à peine à évoluer: ce sont des sols jeunes alluviaux. Il n'y a ni lessivage du calcaire; ni argilification, mais seulement répartition isohumique de la matière organique et début de structuration de l'horizon supérieur.

b) Les terrasses rharbiennes

Sur ces terrasses, l'évolution est déjà bien avancée: les sols sont davantage et plus profondément structurés, et surtout il y a un lessivage du calcaire, faible, mais très net. On peut donc déjà parler de sols bruns-steppiques, mais il faut les qualifier de jeunes. Jeunes parce que le lessivage du calcaire et surtout son accumulation en profondeur sont faibles: il n'y a pas de taches calcaires dans l'horizon d'accumulation. Jeunes aussi parce qu'il n'y a ni rubéfaction, ni argilification.

c) Les terrasses soltaniennes

Sur ces terrasses, — nous en avons reconnues deux — de véritables sols bruns-rouges steppiques apparaissent: il y a lessivage net et accumulation nette du calcaire, le niveau d'accumulation étant marqué par de nombreuses taches de calcaire; il y a rubéfaction marquée en profondeur (rubéfaction qui diminue mais ne disparaît pas plus profondément), et, dans les sols qui couvrent la plus ancienne des deux terrasses, il existe un horizon plus argileux qui est très net.

d) Les terrasses tensiftiennes

Quand on passe à ces niveaux, on y trouve la croûte: c'est une croûte tendre, peu épaisse, souvent recouverte d'une fine dalle rubannée. Nous n'avons donc pas pu définir dans cette zone les caractères de sols non encroûtés datant du Tensiftien. Il nous a même été difficile d'étudier les dépôts tensiftiens eux-mêmes étant donné que très souvent les terrasses tensiftiennes sont des terrasses d'abrasion, la croûte reposant directement sur des dépôts plus anciens, Amiriens, Villafranchiens, Pliocènes ou Miocènes. Ce que nous avons pu par contre apprendre dans cette zone, c'est qu'il y avait très certainement deux terrasses tensiftiennes, la plus ancienne étant marquée par une croûte nettement mieux développée que la plus récente.

e) L'Amirien

Il n'y a pas de terrasses amiriennes le long de l'Oued Zebra. Les limons amiriens, très sensibles à l'érosion, non protégés par une croûte de fin de pluvial, ont été enlevés. N'ont subsisté qu'une partie de ceux qui ont pu résister à l'inter-pluvial Amirien-Tensiftien et ont été ensuite, au cours du Tensiftien, façonnés en terrasses d'abrasion puis protégés par la croûte.

Les limons amiriens se retrouvent cependant aussi dans presque toutes les vallées faiblement creusées qui

aboutissent à l'Oued Zebra. Là, ils ont pu se conserver, et c'est là que nous avons pu étudier les sols évoluant depuis cette époque. Ce sont les sols profonds les plus évolués que l'on puisse trouver dans la plaine du Zebra. En réalité, d'ailleurs, ce sont des sols complexes, étant donné qu'il y a toujours en surface une pellicule de 20 à 50 cm de limons plus récents (soltaniens et rharbiens). Le résultat est un sol brun-rouge steppique très évolué; il est caractérisé par:

- une forte accumulation de calcaire, pouvant dépasser 40 %.
- une forte rubéfaction qui diminue mais ne disparaît pas en profondeur.
- une très forte accumulation d'argile (40 à 50 %); et, point très important, le sol reste fortement argileux en profondeur (40 à 50 %): il s'agit probablement là, comme pour la couleur rubéfiée, d'un caractère de roche-mère des limons amiriens, traduisant, comme pour la couleur rouge des limons soltaniens, la granulométrie grossière des dépôts tensiftiens (ou encore plus grossière des dépôts salétiens) ainsi que les conditions climatiques qui régnèrent pendant la mise en place de ces dépôts.
- une structure très poussée, finement polyédrique à cubique.
- enfin, une forte salure et alcalinisation.

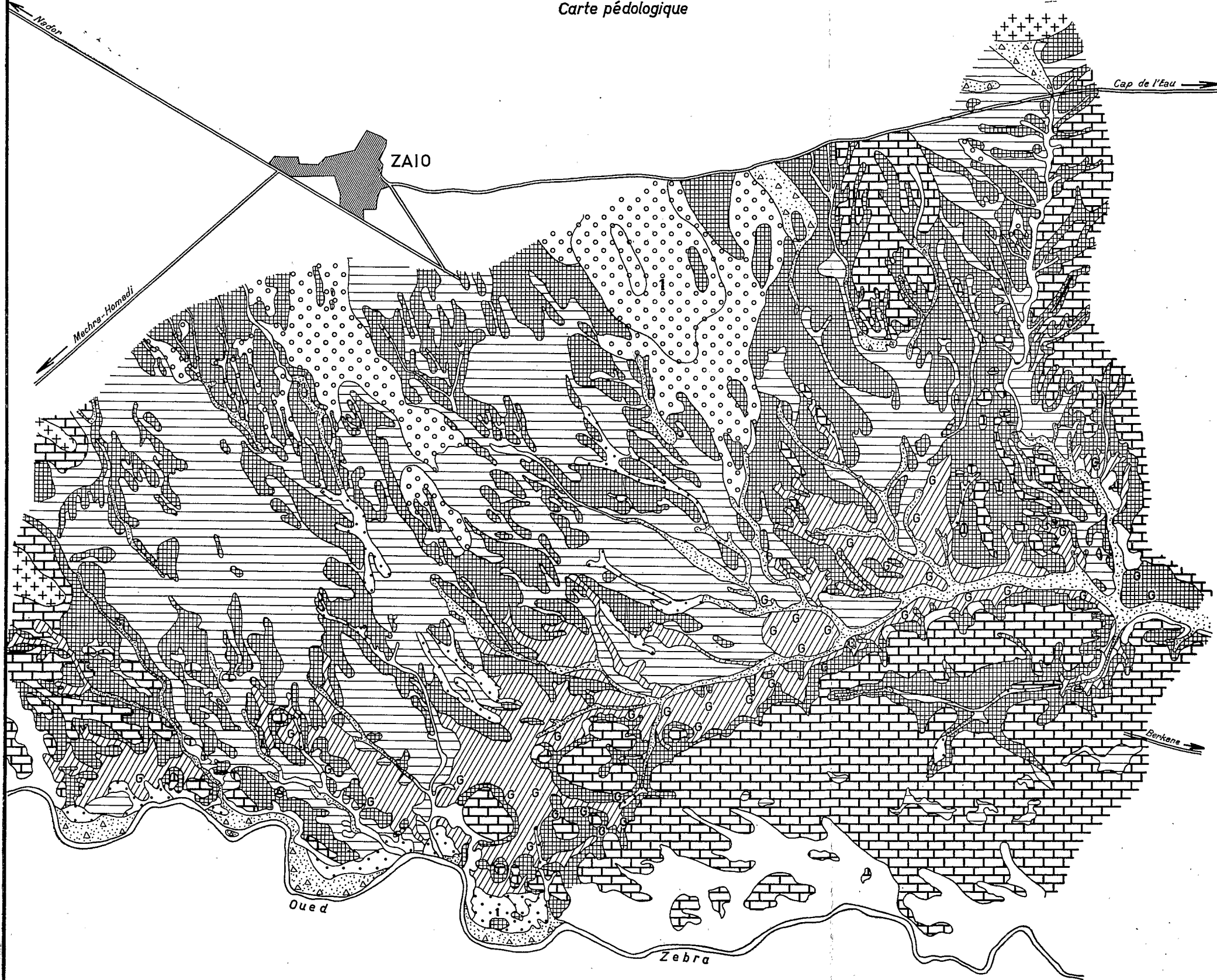
f) Le Moulouyen

Etant donné qu'il n'y a pas non plus de terrasses salétiennes, c'est aux plateaux moulouyens que l'on passe directement quand on quitte les terrasses tensiftiennes. Les plateaux moulouyens sont toujours recouverts par leur énorme croûte couronnée d'une dalle compacte pouvant avoir 20 cm d'épaisseur. Signalons au passage qu'il y a en réalité deux niveaux de grosse croûte, très nettement emboîtés; le niveau inférieur est beaucoup moins développé que le niveau supérieur, et est marqué par une croûte moins épaisse, recouverte d'une dalle beaucoup moins puissante: c'est une dalle rubannée de quelques centimètres d'épaisseur et non, comme sur le niveau supérieur, une dalle compacte rose, non rubannée, très épaisse; d'autre part, les limons situés sous la croûte du niveau inférieur, sont très différents de ceux du niveau plus ancien, beaucoup plus rouges et beaucoup plus argileux; s'agirait-il d'un niveau régréguen ?

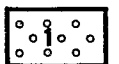
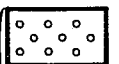
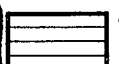

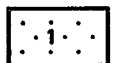



Les conclusions que nous pouvons tirer de cette étude des terrasses sont les suivantes:

- 1° Plus les sols sont anciens, plus ils sont évolués ;
- 2° Le sens de cette évolution semble avoir toujours été le même ;
- 3° Climatiquement, il faut, pour chaque période du Quaternaire, faire la distinction entre:






PLAINE DU ZEBRA
(Basse Moulouya)
Secteur Nord
Carte pédologique



I. - SOLS PROFONDS

- ROCHES-MÈRES**
- A. Châtains-rouges steppiques, à taches, granules et nodules calcaires.
 Sur roche-mère complexe très argileuse (> 40 %); non salés, non alcalisés.
 - B. Bruns-rouges steppiques, à taches, granules et nodules calcaires.
 Peu calcaires en surface (< 10 %); sur roche-mère complexe assez argileuse (25 à 35 %); généralement non salés et non alcalisés.
 Calcaires en surface (> 10 %); localement fortement encroûtés en profondeur; sur roche-mère complexe assez argileuse (25 à 35 %); salure et alcalisation, de profondeur, variables.
 - C. Bruns-rouges steppiques à taches.
 Calcaires en surface (> 10 %); sur roche-mère complexe très argileuse en profondeur (> 40 %); généralement salés (> 3‰) et alcalisés (pH eau > 9) en profondeur.
 Calcaires en surface (> 10 %); sur roche-mère assez argileuse (25 à 30 %); salés (> 3‰) et alcalisés (pH eau > 9) en profondeur.
 Calcaire en surface (> 10 %); sur roche-mère assez argileuse (25 à 30 %); non salés; alcalisation variable.
 - D. Bruns-rouges steppiques et jeunes alluviaux non salés, non alcalisés.
 Non ou peu caillouteux.
 Caillouteux.

II. - SOLS PEU PROFONDS (< 50 cm)

-  Sur encroûtement plus ou moins tuffeux; ou croûte tendre peu épaisse avec ou sans dalle rubannée fine en surface; salure généralement forte dans et sous l'encroûtement.
-  Sur croûte dure épaisse, avec dalle épaisse en surface; salure forte dans et sous l'encroûtement.
-  Présence de gypse en profondeur.
-  Colline miocène.
-  Fonds d'oueds; pentes fortes érodées.



— le climat qui régnait lors de la formation et de la mise en place des dépôts; ce climat est responsable par son action sur les conditions d'altérations des roches, par son action sur les conditions d'arrachement, de transport et de sédimentation des dépôts, mais aussi par les pédogénèses qu'il a engendrées sur ces dépôts, des caractères fondamentaux de ces dépôts: limons rubéfiés du Soltanien, dépôts grossiers du Tensiftien, limons argileux et rubéfiés de l'Amirien, dépôts très caillouteux du Salétien.

— d'autre part le climat qui régna après la mise en place des dépôts, et qui est responsable de la formation des sols sur ces dépôts. L'évolution des sols semblant avoir été toujours la même au cours du Quaternaire, nous pensons que d'une période à l'autre, ces climats qui régnerent après la mise en place des dépôts furent toujours à peu près les mêmes et probablement identiques au climat actuel: ce serait le temps et non les changements de climats qui serait responsable de l'évolution plus ou moins poussée des sols. Cette hypothèse semble confirmée par la liaison très nette qui existe dans l'ensemble du périmètre de la Basse-Moulouya entre les climats actuels et les types de sols: sols châtaîns-rouges steppiques dans la partie Est de la plaine des Triffa, sols bruns-rouges steppiques peu ou non calcaires en surface dans la partie Ouest, sols bruns steppiques calcaires en surface dans la plaine du Zebra; c'est le sens du climat dont l'aridité augmente quand on va de l'Est à l'Ouest.

Pour les croûtes, problème que nous ne voulons pas développer ici, nous pensons qu'il faut les attribuer en partie à une modification du climat à la fin de la période d'évolution des sols (succession plus rapide de périodes plus humides et plus sèches).

III. — ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DE LA ZONE NORD DE LA PLAINE DU ZEBRA

Une fois terminée cette étude détaillée, géomorphologique et pédologique, des terrasses de l'Oued Zebra, étude qui nous avait donc permis d'établir des liaisons importantes entre l'âge et l'évolution des sols, nous avons entrepris de travailler dans la zone Nord, dans cette grande plaine d'accumulation. Cependant, cette plaine étant géomorphologiquement très délicate à étudier en détail, c'est par une reconnaissance pédologique général, en n'utilisant que des méthodes pédologiques qui sont essentiellement l'étude descriptive et analytique des profils, que nous avons commencé. Dans cette zone

c'est donc par la pédologie que nous avons réussi à débrouiller la géomorphologie.

Nous avons d'abord pu reconnaître l'étendue des limons tensiftiens, toujours recouverts d'une pellicule de limons soltaniens et rharbiens ayant en moyenne 20 à 50 cm d'épaisseur. Cet ensemble porte essentiellement deux types de sols:

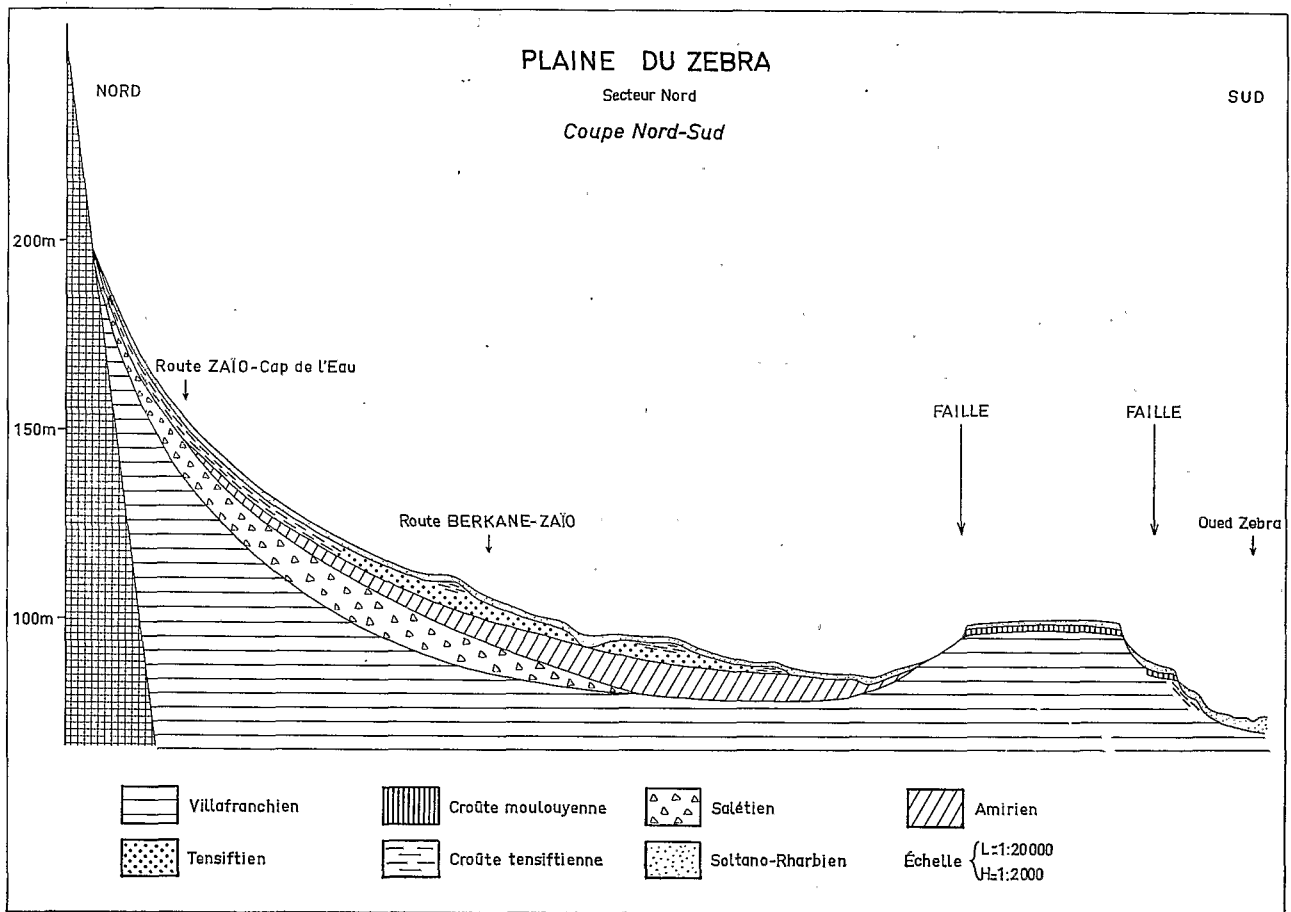
— soit des sols bruns-rouges steppiques, fortement évolués et se rapprochant donc de ceux de l'Amirien, mais s'en différenciant sur deux points: la texture d'une part, qui est un peu moins argileuse et surtout beaucoup plus riche en graviers et cailloux; l'accumulation du calcaire d'autre part, qui est souvent plus forte, et qui apparaît non pas sous forme de tâches, mais sous forme de granules et nodules bien durcis;

— soit à la faveur d'un bombement de terrain ou d'une rupture de pente, des sols bruns-rouges steppiques peu épais et moins évolués, datant du Soltanien, reposant sur un encroûtement ou une croûte tensiftienne.

Nous avons d'autre part pu confirmer qu'il y avait bien deux Tensiftiens qui, dans cette zone, sont généralement superposés; deux Tensiftiens qui se différencient parfaitement par les dépôts et par les croûtes. Le Tensiftien ancien, qui semble avoir été le principal, est caractérisé par des limons généralement peu argileux, une accumulation de calcaire sous forme de gros nodules, et, quand il est encroûté, la croûte peut y être importante. Le Tensiftien récent est généralement plus argileux, et l'accumulation des calcaires se fait sous la forme de taches et petits granules; quand il est encroûté, il l'est en général assez peu.

La reconnaissance pédologique de cette zone nous a également amenés à constater la diversité des limons soltaniens qui recouvrent les limons tensiftiens. Les limons restent en effet en liaison très étroite avec la roche qui, par altération, leur a donné naissance, les évolutions pédologiques contemporaines et postérieures aux dépôts n'ayant pu effacer ces différences. En particulier les schistes et quartzites vert-olive de la nappe rifaine des Kebdana ont donné naissance à des limons soltaniens très argileux et complètement décalcarifiés. Il en résulte, sur de petites surfaces, deux types de sols qui ne sont absolument pas à leur place dans la plaine du Zebra: des sols châtaîns-rouges steppiques et des sols bruns steppiques peu calcaires en surface.

Enfin, cette reconnaissance a mis en évidence la diversité des sols que l'on trouve dans les dépressions et axes de drainage (nombreux dans cette zone), dans lesquels les limons tensiftiens, ou bien disparaissent, ou bien sont enfouis sous une couverture assez épaisse de dépôts postérieurs. Si ces vallées sont bien encaissées et encore fonctionnelles de temps en temps, elles sont comblées par des dépôts rharbiens et sub-actuels, d'où l'existence soit de sols jeunes alluviaux, soit de sols bruns steppiques jeunes. Si ces vallées sont peu encaissées, ce



sont des limons soltaniens qui les comblent; on a alors des sols bruns steppiques à taches, plus ou moins évolués suivant l'ancienneté du limon soltanien, les plus évolués pouvant contenir des granules calcaires: ils se rapprochent alors beaucoup des sols tensiftiens et nous n'avons pas cru devoir les différencier. Enfin, vers le Sud, dans le bas de la plaine, il arrive fréquemment, par érosion de la couverture peu épaisse du Tensiftien, que ce soit le limon amirien que l'on retrouve à faible profondeur dans ces fonds de vallée: on a alors des sols bruns-rouges steppiques très évolués.

En résumé, nous pouvons donc définir cette plaine comme étant un grand glacis tensiftien plus ou moins encroûté, recouvrant des dépôts amiriens, ce recouvrement étant faible dans le bas de la plaine où, à la faveur de légers creusements, l'Amirien apparaît. Ce glacis a été lui-même recouvert par un mince dépôt de limons soltaniens très variés qui ne s'épaissit que dans les talwegs; enfin, il y a très localement des dépôts plus récents, soit en petits cônes près de la montagne, soit dans les vallées, suffisamment profondes. Sur le plan pédologique c'est donc avant tout la topographie et la géomorphologie de détail qui règlent la répartition des sols.

Tout ceci étant défini, les liaisons entre géomorphologie et pédologie étant bien établies, le travail de cartographie de détail qui nous restait à faire fut facile puisque nous pouvions nous aider de l'observation géomorphologique.

Mais nous tenons à insister sur le fait que nous n'avons jamais cru pouvoir, au cours de ce dernier travail de cartographie, abandonner complètement les méthodes pédologiques classiques du trou et de l'analyse. La géomorphologie nous a permis de comprendre plus rapidement le terrain, d'avoir une bien meilleure vue d'ensemble, et surtout elle nous a grandement facilité le tracé des limites séparant les différents types de sols. Mais quand on fait un trou, quand on fait une analyse, les surprises restent nombreuses. Il est donc extrêmement dangereux de trop vite généraliser. Pour reconnaître ce qu'il y a exactement dans les fonds des vallées, pour différencier avec précision les sols peu calcaires en surface des sols très calcaires en surface, pour reconnaître la présence d'un encroûtement en profondeur, il faut faire des trous et des analyses: c'est la seule méthode valable.

Il faut également souligner que toute différence géomorphologique ne correspond pas forcément à une différence pédologique. Nous avons déjà signalé que nous avons souvent regroupé avec les sols tensiftiens certains sols soltaniens très évolués; rien dans la morphologie et l'analyse ne permettait de les différencier. Nous pouvons citer d'autres exemples. En particulier celui des sols qui, tout le long de la grande faille située au Sud, sont développés sur limon villafranchien ancien; ils ont, en dehors du gypse en profondeur, des caractères très voisins de ceux des sols amiriens; nous les avons donc regroupés avec eux, en signalant simplement la présence du gypse. Il y a aussi le cas des sols tensiftiens qui, en s'éloignant de la montagne, deviennent plus argileux, non graveleux, non caillouteux et presque sans granules: pédologiquement il y a un moment où il n'y a plus de raisons de les différencier des sols amiriens.

Notre conclusion sera donc un appel à la prudence, appel destiné à ceux qui, à notre avis, sont allés trop loin dans l'utilisation de la géomorphologie pour les travaux pédologiques. Nous pensons avoir bien démontré dans cette note à quel point, dans le cas de la plaine du Zebra, géomorphologie et pédologie étaient liées, à quel point chacune de ces deux sciences avait besoin des méthodes et des connaissances de l'autre. Mais au même titre que la géomorphologie ne réalise pas l'essentiel de ses travaux sur la base des observations pédologiques, le pédologue ne doit pas non plus se contenter d'observations sur les formes et les dépôts pour définir et cartographier les types de sols.

Géomorphologie et pédologie sont deux sciences liées qui s'enrichissent mutuellement; mais se sont deux sciences séparées, chacune ne pouvant et ne devant pas se contenter des connaissances et des méthodes de l'autre.

*
**

R. RAYNAL fait trois remarques concernant les rapports entre les données de la géomorphologie et celles de la pédologie:

a) il existe bien des zones de pédogénèse où l'évolution des sols se fait en fonction des données de la géomorphologie mais cette évolution admet quantité de nuances locales; parmi les facteurs de différenciation l'un des plus décisifs, en ce qui concerne le Quaternaire ancien, est la tectonique, comme l'a souligné A. RUELLAN;

b) l'Amirien ayant été vraisemblablement le plus doux des pluviaux, connut une pédogénèse particulière puisqu'un ruissellement diffus et sans violence n'empêchait pas l'évolution normale des sols;

c) la dalle rubannée est considérée partout comme caractéristique de la fin du Moulouyen.

A. RUELLAN, reprenant la deuxième remarque de R. RAYNAL, précise que les conditions climatiques pro-

pres au pluvial amirien sont responsables de certains caractères des limons amiriens: taux élevé d'argiles, rubéfaction, structure finement polyédrique à cubique. Mais ces limons ont ensuite joué le rôle de roche-mère pour une évolution pédologique qui dura tout le reste du Quaternaire et qui engendra des sols très évolués caractérisés par un accroissement de la rubéfaction et du taux d'argiles à une profondeur de 40-50 cm ainsi que par une accumulation de calcaire.

En complément à la troisième remarque, A. RUELLAN rappelle l'existence, sous la croûte à dalle compacte rosée — moulouyenne — d'une dalle grise de calcaire lacustre qui serait ainsi datée du Villafranchien.

M. PHILIPPONNEAU demande à A. RUELLAN si son étude fut menée en collaboration étroite avec les agronomes. La carte géomorphologique et la carte pédologique étant établies, des indications sont-elles données sur les possibilités d'aménagement de chaque secteur pédologique? Le pédologue fait-il partie du groupe de travail qui étudie le système de production à adopter pour chacun de ces secteurs?

A. RUELLAN répond que dans le cadre de l'Office National des Irrigations, les pédologues travaillent en liaison étroite avec les ingénieurs chargés de l'équipement et de la mise en valeur des périmètres irrigués. La carte pédologique est accompagnée d'un rapport où sont précisées les possibilités de mise en valeur; cultures souhaitables, amendements à apporter, amélioration des sols, contrôles d'évolution des sols, etc. Ces indications sont utilisées lors de l'élaboration du projet de mise en valeur. Le travail du pédologue, orienté avant tout vers l'agronomie, n'est d'ailleurs pas terminé avec la remise de la carte et du rapport: il reste présent pour aider à l'utilisation de son rapport et pour effectuer le contrôle de l'évolution des sols sous irrigation.

Pour G. CHUBERT, des croûtes anciennes, la plus récente, rubannée, représente sans doute le Moulouyen; la plus ancienne, souvent constituée par des calcaires lacustres, pourrait correspondre au Pliocène terminal lacustre (calcaire du Sous et des Hamadas). Parmi les deux croûtes récentes, l'une — la plus haute — représente sans doute le Tensiftien (= RISS); la deuxième correspondrait au Présoltanien de M. BIBERSON qui serait l'équivalent du Monastirien français et représenterait le Würm I, les limons soltaniens appartenant aux Würm II et III. Un tel dédoublement des terrasses ou dépôts tensiftiens est un phénomène très général. L'attribution au Würm I de la terrasse inférieure encroûtée est satisfaisante.

J. DRESCH demande pour quelles raisons on peut distinguer deux Tensiftiens encroûtés et deux Moulouyens également encroûtés alors que le Salétien serait absent.

A. RUELLAN précise que le Salétien ne peut être représenté par un limon rouge très argileux surmonté par une croûte épaisse avec dalle rubannée; d'ailleurs le Salétien, reconnu dans le Nord de la plaine du Zebra, est un dépôt très caillouteux. Le niveau de croûte épaisse ne peut non plus être Tensiftien, les dépôts tensiftiens étant moins argileux, plus caillouteux, à granules et à nodules et recouverts d'une croûte nettement moins puissante. D'autre part on retrouve les deux niveaux tensiftiens emboîtés dans le niveau de grosse croûte à dalle rubannée, lui même emboîté dans le niveau supérieur à dalle compacte. Il semble donc

bien exister deux Tensiftiens que l'on distingue par leurs limons, par leurs croûtes et par leur emboîtement l'un dans l'autre. Ils sont par ailleurs bien distincts de l'Amirien par la nature de leurs dépôts peu argileux caillouteux et comportant des nodules.

J. DRESCH conclut en constatant que dans l'étude de A. RUELLAN, pédologie et géomorphologie ne sont pas des disciplines distinctes; elles s'appuient l'une l'autre et sont inséparables. C'est pourquoi il serait vain de distinguer recherche fondamentale et recherche appliquée, cette distinction pouvant même être nuisible.