

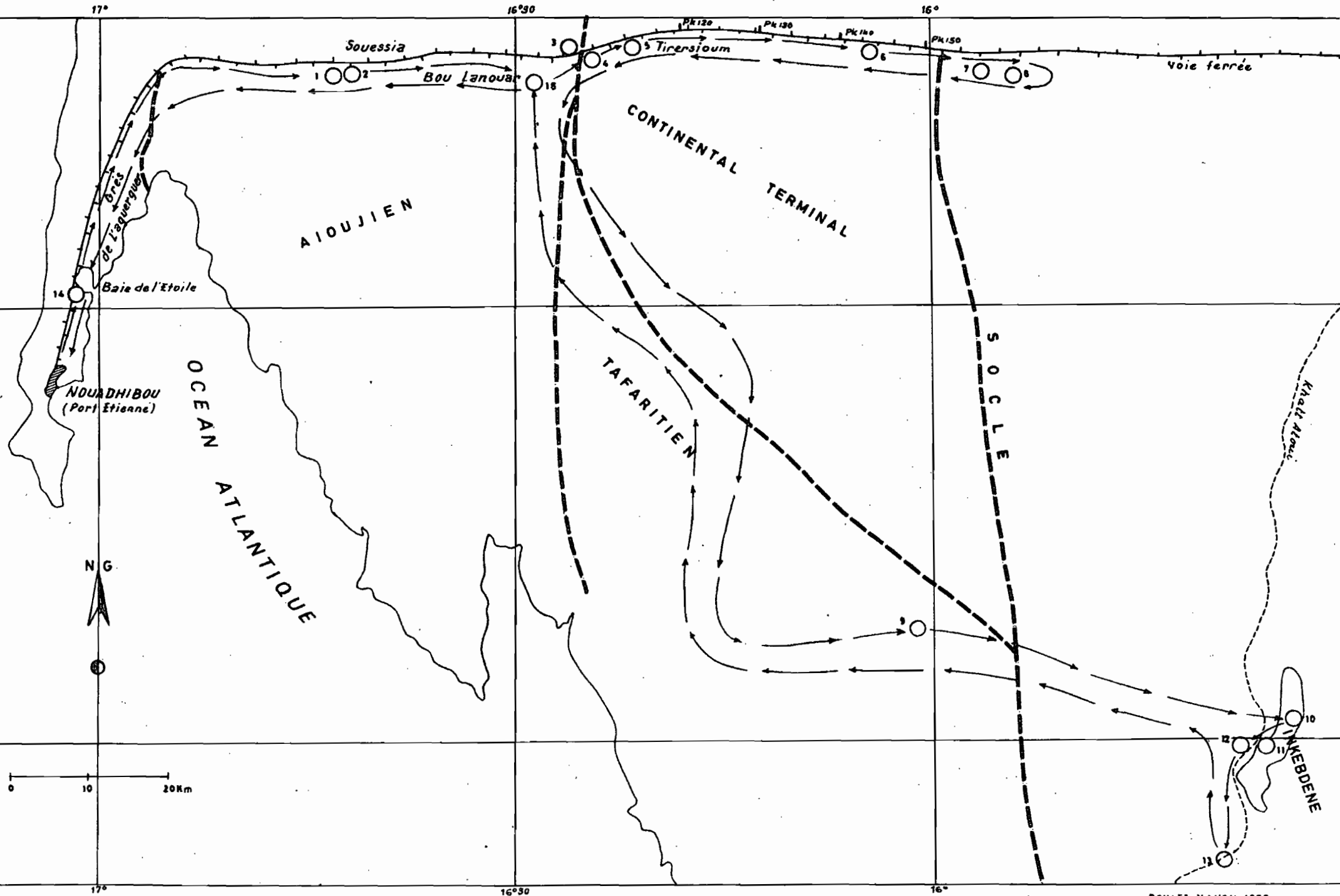
OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES DANS LA REGION DE NOUADHIBOU

REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE

R. BOULET et D. NAHON

CENTRE ORSTOM DE DAKAR

LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE DAKAR



OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES DANS LA REGION DE NOUADHIBOU (ex. PORT-ETIENNE)
REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE

R. BOULET et D. NAHON

Une tournée conjointe réunissant des géologues (MM. ELOUARD, HEBRARD, NAHON) et un pédologue (BOULET) nous a permis d'effectuer une reconnaissance des formations pédologiques de l'extrémité nord occidentale de la MAURITANIE. (voir carte de situation).

Située en bordure sud du SAHARA, cette région est soumise à un climat franchement désertique (22,7 mm en moins de 10 jours de pluie annuels à NOUADHIBOU) avec une forte influence océanique sur la bande côtière (humidité atmosphérique forte: 67 % de moyenne annuelle).

Le substrat géologique se présente comme un bassin sédimentaire où se succèdent des formations quaternaires, calcaires ou gréseuses. Ces dépôts reposent sur le Continental terminal au nord. Le Continental terminal est constitué de grès quartzeux à ciment kaolinique bariolé d'ocre et de violet, traversés de tubulures. Le socle est complexe et comporte des migmatites, des roches basiques, des quartzites ferrugineux.

Nous exposerons ci-dessous l'essentiel de nos observations effectuées sur le Continental terminal et sur le socle car elles apportent dès maintenant des renseignements précieux sur l'histoire pédologique et géomorphologique de la région. Nous n'aborderons pas le domaine des roches sédimentaires calcaires car, si d'intéressantes reliques pédologiques ont été observées sur certains niveaux, celles-ci sont trop incomplètes et influencées par la roche mère pour apporter des informations immédiatement utilisables.

Après avoir donné un aperçu des formes du relief, nous décrirons successivement :

- Les cuirasses ferrugineuses
- Les sols calcaires
- Les silicifications.

En essayant de préciser les analogies ou au contraire les différences entre les formations pédologiques rencontrées dans cette zone et celles que l'on connaît plus au sud en milieu soudano-sahélien, nous serons amenés à émettre quelques hypothèses provisoires dont le seul intérêt est d'organiser les faits observés les uns par rapport aux autres et d'orienter les études ultérieures.

Sur le Continental terminal et sur le socle, le modelé est caractérisé par de longs glacis peu inclinés (de l'ordre de 1 ‰), légèrement convexes, aboutissant à des thalwegs étroits à fond plat ensablé. Les surfaces non ensablées sont couvertes d'un reg de galets de quartz. Ces formes paraissent caractéristiques des régions désertiques; elles ont en particulier été déjà décrites dans le TAMESNA oriental (Nord NIGER).

De ces interfluves à glacis émergent, à peine exhumées ou au contraire dominant nettement le paysage, des buttes témoin coiffées de cuirasses ferrugineuses variablement conservées. Ces buttes témoin présentent dans le Nord et sur le socle une disposition anarchique; plus au Sud, elles s'organisent en plans inclinés rayonnants autour des collines rocheuses d'IN KEBDENE.

Aux abords du principal axe de drainage visité, le KHATT ATOUI, deux niveaux de terrasse à galets de quartz s'étagent au-dessus d'un flat alluvial argilo-sableux, l'une à environ plus 1 mètre, l'autre à plus 5-8 mètres (d'après la carte des points cotés IGN). Le raccord de ces terrasses aux glacis adjacents n'a pu être observé car il est masqué par des formations dunaires.

II - LES CUIRASSES FERRUGINEUSES

A - SUR LE CONTINENTAL TERMINAL:

Les témoins cuirassés sur Continental terminal sont rares et fortement démantelés. Ils coiffent des éminences dont la hauteur de commandement varie de 1 mètre à une vingtaine de mètres selon la région. Leur cote s'étage de 70 mètres environ à l'Ouest à 135 m à l'Est, à proximité du socle.

Ces restes de cuirasse se présentent sous forme d'un pavage discontinu de blocs atteignant environ 1 mètre selon leur plus grande dimension horizontale et une épaisseur de 30 à 40 cm. L'un des témoins observés est constitué de blocs de cuirasse cimentant des galets de quartz anguleux à peu émoussés, souvent ferruginisés.

Le faciès d'induration est caractérisé par un ciment ferrugineux très dur, compact, de teinte rouge violacé ou brun à plages chamois. Dans ce dernier cas, il englobe des quartz laiteux le plus souvent corrodés ou cariés. Les horizons sous-jacents, ou ce qu'il en reste, sont peu différents des grès du Continental terminal et ne s'en distinguent que par le diamètre plus fort des tubulures et une imprégnation ferrugineuse diffuse.

Par la nature de ses ciments, très durs, compacts, de teinte relativement homogène, par l'absence aussi d'éléments ferrugineux d'allure conglomératique dont on sait qu'ils sont souvent caractéristiques des cuirasses des glacis quaternaires, la cuirasse sur Continental terminal s'apparente à celle qui fossilise classiquement le Relief intermédiaire (P. MICHEL 1959 - Surface supposée fin Tertiaire) plus au Sud. Elle s'en distingue par une organisation beaucoup plus simple (pas de pisolites entre autre), et par une épaisseur faible des horizons indurés. On notera cependant que l'état avancé de destruction de la cuirasse laisse à penser que des horizons moins indurés pouvaient exister sous la dalle et avoir été déblayés lors du démantèlement de celle-ci.

B - SUR LE SOCLE MIGMATITIQUE :

Les cuirasses sur le socle sont situées au sommet de buttes témoin de hauteur variant selon la région: de 1 à 5 mètres dans le Nord, de 10 à 15 m aux abords d'INKEBDENE.

Elles présentent une grande unité de faciès. Les témoins bien conservés montrent de haut en bas la succession suivante (sites n° 7 et 8).

- Une dalle très indurée épaisse de plus de 2 mètres, constituée de gros éléments ferrugineux plus ou moins arrondis, entourés d'un cortex ferrugineux brun et cimentés entre eux par un matériau ferrugineux brun ocre ou brun rouge moins induré. Les éléments ferrugineux, qui présentent un aspect très nettement conglomératique, ont un ciment brun foncé ou rouge violacé très dur, compact, et leur faciès est identique à celui de certains horizons de la cuirasse du Relief intermédiaire sur le socle plus au Sud, au SENEGAL et en HAUTE-VOLTA en particulier.
- Un horizon carapacé à grosses tubulures, à ciment à dominance rouge, à épaisseur non déterminée.
- Cette carapace passe à un matériau d'altération kaolinique rouge, rouge à taches blanches ou beige à réseau ocre, pulvérulent.

Cette succession d'horizons, ainsi que le faciès et l'épaisseur de ces derniers sont très exactement identiques à la succession, au faciès et à l'épaisseur des horizons de la cuirasse qui recouvre les témoins du glacis supérieur plus au Sud. (P. MICHEL - 1959).

Dans la suite du texte, du fait de cette remarquable analogie et pour plus de commodité, nous appellerons cette cuirasse "cuirasse du glacis supérieur" sans oublier qu'il reste à établir de proche en proche l'équivalence de ces témoins avec ceux qui ont été définis ainsi en région soudano-sahélienne.

III - LES SOLS CALCAIRES

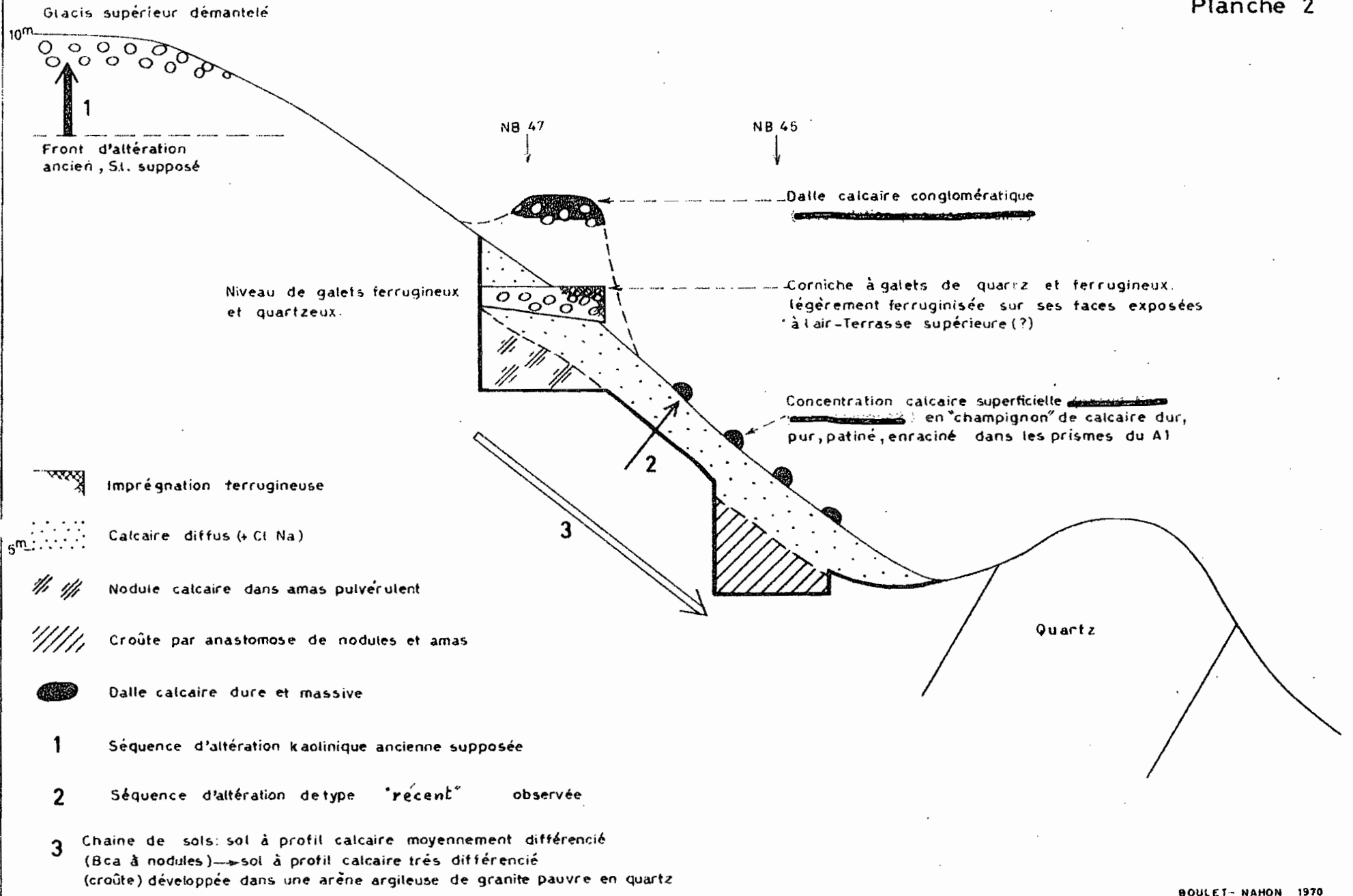
Pour les raisons déjà exposées dans l'introduction, nous ne considérerons ici que les sols calcaires développés sur le socle et, plus précisément, sur les migmatites. Sur le Continental terminal, le calcaire ne se manifeste pas morphologiquement.

Les modelés qui entaillent le glacis supérieur portent des sols à profil calcaire développés soit sur des matériaux arénacés morphologiquement analogues à ce que l'on a appelé plus au Sud "matériau d'altération récent", (cf. programme de recherche en HAUTE-VOLTA - 1970), soit sur des formations alluviales étagées.

Parmi ces profils calcaires, on observe la succession de deux ensembles de chaînes de sols ou de profils nettement distincts par leur degré de différenciation qui décroît avec leur cote relative :

- Sur le flanc de certaines buttes témoin du glacis supérieur ou sur la terrasse de + 5 - 8 m, un ensemble de profils très différenciés :
 - + Chaînes de sols à profils calcaires très différenciés (terminologie A. RUELLAN - 1970) allant du B_{Ca} fortement nodulaire au B_{Ca} encroûté. Site n° II
 - + Dalles calcaires conglomératiques à galets de quartz ou à gravillons ferrugineux. Site n° 13.

- Sur le glacis inférieur ou sur la basse terrasse de + 1 m, un ensemble de profils peu à moyennement différenciés :
 - Profils à individualisation du calcaire sous forme de petits amas friables, pouvant être présents dans tout le profil avec un léger maximum dans le B_{Ca} .



I - Les sols à profil calcaire très différenciés:

A - Chaîne de sols à horizons encroûtés: site n° II (cf. localisation sur planche I et coupes planches 2 et 3).

1°/ Les faits observés:
.....

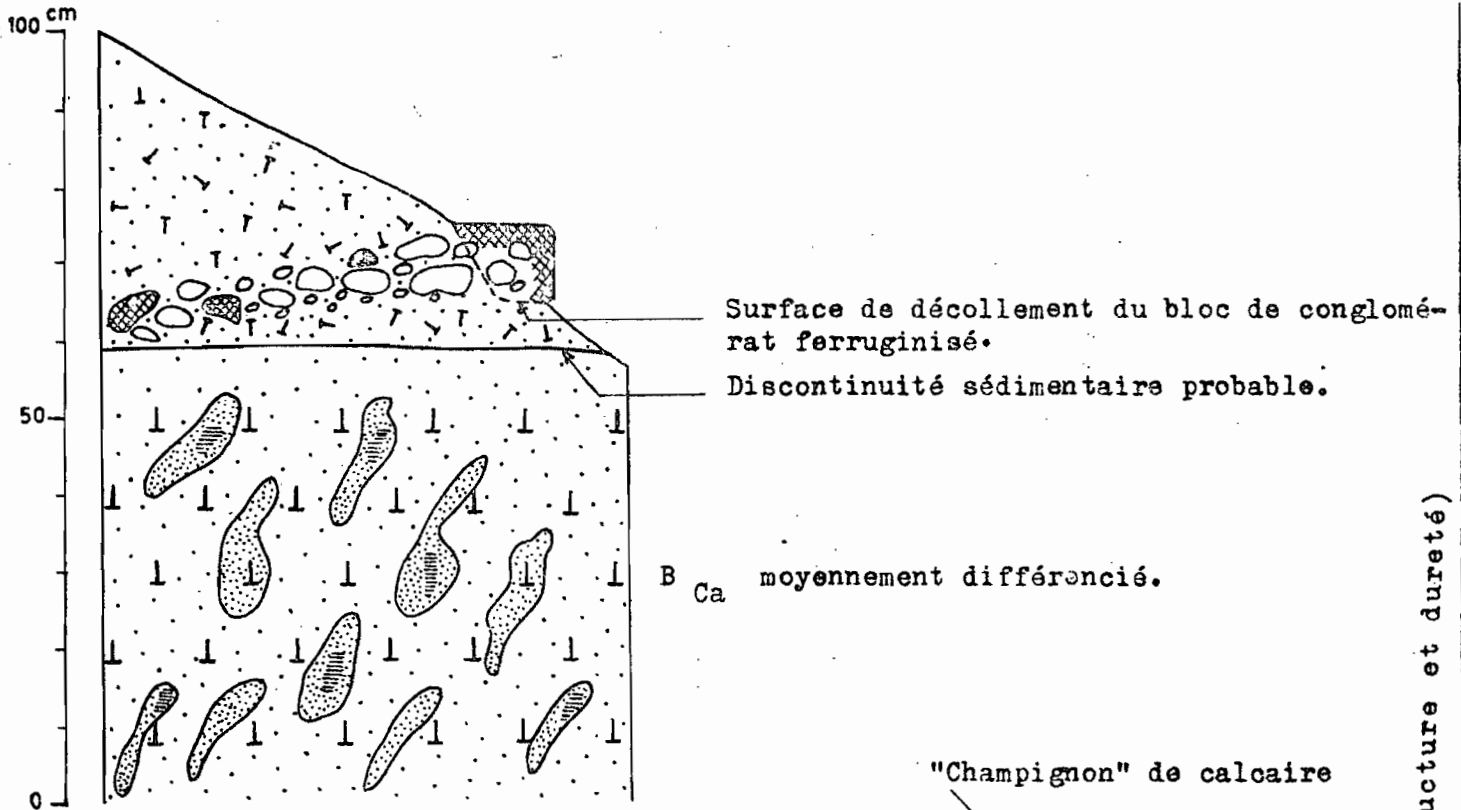
Cette chaîne de sols a été observée sur le flanc d'une butte témoin du glaciaire supérieur dont la dalle ferrugineuse a été fortement démantelée. La butte témoin fait partie d'un ensemble auréolant de façon très discontinue les collines rocheuses d'INKEBDENE qui dominent le paysage d'une cinquantaine de mètres. La hauteur de commandement de ces témoins cuirassés varie de 10 à 20 m et ils dominent le flat alluvial de la vallée voisine de 30 à 40 mètres.

La butte témoin présente de haut en bas:


- Un sommet plan, sans inclinaison nette, couvert de gravillons ferrugineux
- Un rebord convexe
- Un versant incliné d'environ 40 à 50 gr.


Sur ce versant on observe (voir planches 2 et 3):

- + Environ 1,5 m au-dessous du sommet, un petit mamelon coiffé de gravillons ferrugineux pris dans une dalle calcaire blanc, compact, dur. Bien que cette dalle soit un peu fragmentée sur ses bordures, on n'en observe pas de débris sur la partie du versant située à son aval.
- + Moins d'un mètre plus bas, une petite corniche discontinue, plus ou moins démantelée, constituée de blocs conglomératiques à galets et graviers de quartz, dont les faces aval et supérieure, exposées à l'air, sont ferruginisées. Ces blocs soulignent l'affleurement selon une courbe isohypse d'un niveau à galets s'enfonçant en coin dans la butte et recoupé par le versant actuel (cf. planches 2 et 3).
- + Au long de la pente, une chaîne de sols à profils calcaires très différenciés développés sur une arène de migmatite pauvre en quartz à structure plus ou moins conservée.





NB 47


 Imprégnation ferrugineuse

 Calcaire diffus


Concentration calcaire


 "cœur" nodulaire ou concrétionné (septaria) très dur
amas pulvérulent blanc pouvant être un peu induré.

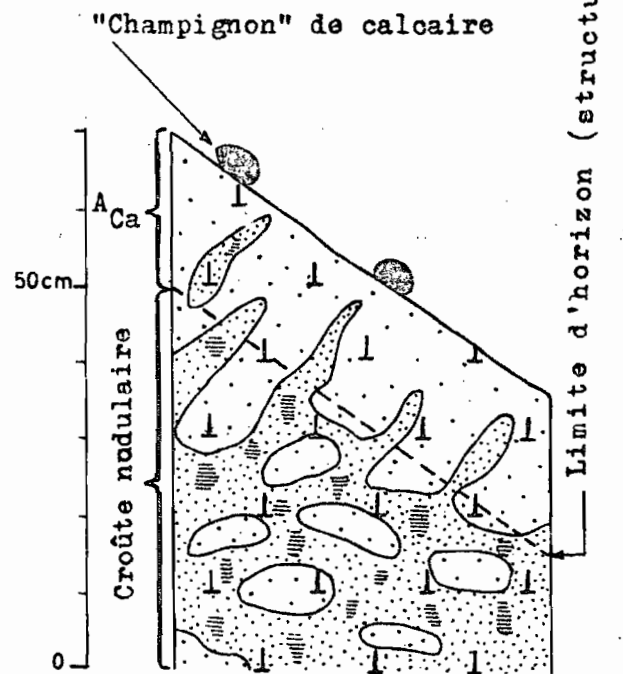
 Galet émoussé de quartz

 Galet de cuirasse (Relief intermédiaire)

Matériaux: arène argileuse de migmatite pauvre en quartz:

 remaniée

 en place



NB 45

En ce qui concerne la chaîne de sols calcaires, les planches 2 et 3 en donnent les caractères essentiels. Nous précisons seulement quelques points:

- Les structures sont principalement du type polyédrique fin à forte friabilité en surface (assemblage compact mais cohésion d'assemblage nulle), plus large (4 - 5 cm) en assemblage plus cohérent dans les horizons B. Dans le profil NB 45, on note au sommet de l'horizon A_{Ca} un assemblage prismatique fragile.
- La surface du versant est parsemée d'éléments calcaires grossièrement demi-sphériques, très durs, apparemment purs, à surface craquelée, légèrement adhérents aux prismes de l'horizon A_{Ca} qu'ils coiffent.
- L'organisation des concentrations calcaires, aussi bien dans le B_{Ca} à nodule^s que dans le croûte, est fortement influencée par la texture de la roche mère migmatitique, dont elle suit les directions de schistosité.
- Le profil amont (NB 47) présente, sous le niveau caillouteux en coin une discontinuité linéaire horizontale au-dessus de laquelle les éléments arénacés ont perdu l'organisation qu'ils avaient dans la roche alors qu'en dessous la structure est conservée à ceci près que de légers retraités et gonflements ont pu la perturber sans qu'on puisse cependant le déceler macroscopiquement. Sur le croquis de la planche 3, nous avons signalé ce trait morphologique sous le terme de "discontinuité sédimentaire probable".

2°/ Interprétation :

a) Niveau caillouteux et corniche ferruginisée:

Ce niveau, situé à quelques mètres au-dessous du sommet de la butte témoin peut constituer les restes, très réduits, d'une haute terrasse contemporaine ou légèrement postérieure au glacis supérieur. Elle domine à la fois la surface "actuelle" de 7 mètres environ et le flat alluvial de la vallée du KHATT ATOUI d'une trentaine de mètres.

La ferruginisation de ses faces mises à l'affleurement par l'entaille qui l'aurait en grande partie déblayée est évidemment postérieure à ce creusement, mais probablement antérieure à tout pédogénèse calcarifiante. En effet, dans le cas contraire, elle se serait imprégnée de calcaire à l'égal du chicot gravillonnaire qui, rappelons le, la domine. Si cet encroûtement n'a pu

se faire, c'est que le ciment ferrugineux préexistait et n'a pu évidemment être épigénisé par le calcaire.

b) Séquences d'altération:

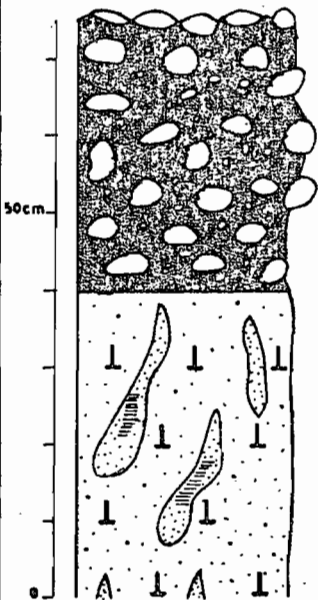
Nous avons initialement entrepris une tranchée sur le flanc de la butte afin de le dégager de son éventuel colluvium et d'observer la séquence d'altération que nous supposons à priori verticale, comptant trouver à la base de la butte des minéraux moins altérés qu'au sommet. Il n'en fut rien et l'on s'aperçut que:

- + Les sols situés sur le versant paraissent parfaitement en place. Cette autochtonie se déduit d'une part de l'existence au sein du réseau calcaire de l'horizon B de témoins d'arène argileuse à structure à peu près conservée, d'autre part de la disposition des concentrations calcaires qui s'organisent obliquement en fonction de la texture orientée de la roche mère (migmatite), organisation qui se prolonge sans perturbation dans l'horizon A (voir schémas de la planche 3).
- + Pour autant qu'on puisse le déduire des observations macroscopiques, le degré d'altération des minéraux est le même en haut et en bas du versant. L'aspect de l'arène, à feldspaths blancs friables, minéraux ferro-magnésiens ocre clair, plages verdâtres, rares biotites noires, est analogue à celui des matériaux d'altération en milieu "fermé" observés plus au Sud (Haute-Volta). La séquence d'altération paraît être perpendiculaire au versant et postérieure à son entaille.
On notera également que l'individualisation du calcaire ne se manifeste sur le flanc de la butte témoin qu'à partir d'une limite supérieure située 1,5 m au-dessous du sommet en relation avec l'apparition de l'arène à minéraux frais sur le versant.

Nous proposerons donc le schéma d'évolution suivant :

- La cuirasse du glacis supérieur, dont la dalle se situait probablement quelques mètres au-dessus du sommet actuel de la butte, reposait sur une lithomarge kaolinique peu épaisse (observée aux sites n°s 8 et 10): Séquence d'altération kaolinique verticale correspondant vraisemblablement au vieux manteau d'altération.
- L'entaille du glacis supérieur recoupa cette lithomarge et dégageda, dès le tiers supérieur de pente, la base arénacée peu altérée du vieux manteau kaolinique.
- Sur le versant ainsi dégagé et à partir de l'arène, évolue ensuite la chaîne de sols décrite. Séquence d'altération oblique, concordante avec le versant actuel et de type "récent".

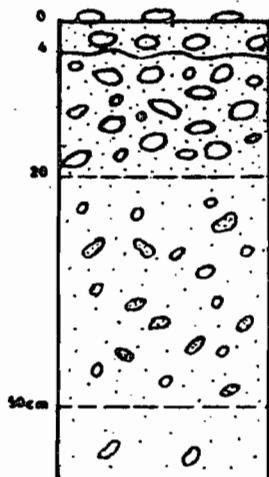
"MOYENNE" TERRASSE A GALETS DE QUARTZ ENCROUTEE



Dalle calcaire massive et dure, conglomératique à galets de quartz écaillés \approx 8 cm

Arène argileuse probablement en place (poches irrégulières à structure conservée), à concentrations calcaires pulvérulentes, quelques nodules

"BASSE" TERRASSE A GALETS DE QUARTZ A PROFIL CALCAIRE PEU A MOYENNEMENT DIFFERENCIE



STRATE GRAVELEUSE

Gris-beige. Sablo-limoneux. Très calcaire dans la masse

Brun-rouge. Sablo-argileux. Pseudo-mycelium calcaire, très calcaire dans la masse

Brun légèrement rouge. Sablo-argileux. Amas calcaires friables < 2 cm, très calcaire dans la masse

STRATE SABLEUSE

Brun. Quelques petits amas calcaires, très calcaire dans la masse

On soulignera, en accord avec les observations de RUELLAN au MAROC, que, si cette chaîne de sols apparaît nettement plus évoluée et, de ce fait, plus ancienne que les sols à profil calcaire peu différencié que nous décrirons plus loin (observations n°s 9 et 12), elle manifeste le même type d'évolution. C'est une paléo-chaîne du fait de sa localisation sous un climat actuel désertique, mais elle pourrait redevenir fonctionnelle si les conditions climatiques le permettaient.

B - Dalle calcaire conglomératique à galets de quartz: Site n° 13

La vallée fossile du Khatt Atoui, qui longe le massif d'Inkebdene où ont été faites les observations précédentes, entaille, 12 km plus au Sud, une formation à galets de quartz affleurant sur 50 à 100 m de large pour disparaître ensuite sous les dunes ogoliennes. Cette formation à galets, qui se présente sous l'aspect d'une terrasse, domine le fond du lit plus ou moins ensablé du Khatt Atoui de 5 à 8 m d'après le relevé altimétrique IGN. Le niveau de galets est entièrement pétrifié en une dalle calcaire conglomératique, dure, blanche, suffisamment résistante pour que des blocs de 10 cm à plus d'un mètre, issus de son démantèlement, parsèment le court versant sous-jacent.

Le profil observé sur l'entaille est schématisé ci-contre (planche 4). La dalle calcaire repose, avec une discontinuité brutale située légèrement au-dessous de la base du niveau grossier, sur un horizon développé dans une arène granitique paraissant à peu près en place (éléments à structure à peu près conservée brun beige clair à petites taches polygonales ocres ou brunes), barré de larges langues plus ou moins verticales très calcaires (amas friables). La structure est prismatique 0,5 à 2 cm à sous-structure cubique de même taille en assemblage un peu lâche (friable).

On soulignera l'analogie morphologique entre cette dalle calcaire et celle de la butte témoin n° II, avec cependant ici une extension beaucoup plus considérable.

Autre différence importante, cette dalle est nettement entaillée par le lit du KHATT ATOUI. Elle s'est donc formée avant une période de creusement, et si l'on en juge par l'épaisseur des blocs démantelés par rapport à la dalle en place, elle a peu évolué depuis. Cette remarque est précieuse parce qu'elle situe l'essentiel de la formation de la dalle calcaire développée dans la terrasse par rapport à un événement géomorphologique repérable. Elle n'exclue pas cependant la contemporanéité des deux dalles. En effet, la petite dalle calcaire décrite en 11 se situe sur une entaille du glacis supérieur

et de ce que l'on suppose être la haute terrasse, alors que celle considérée ici imprègne une formation alluviale nettement plus basse qui est probablement l'équivalent de ce qui a été défini plus au sud comme la moyenne terrasse.

II - Les sols à profil calcaire peu à moyennement différencié:

A - Les sols du glacis inférieur à reg:

Deux profils ont été observés sur ce glacis. Ils sont très voisins et nous donnons ci-dessous la description de l'un d'eux (n° 9) développé sur l'arène remaniée qui forme la bordure orientale du Tafaritien (assimilable au socle en tant que matériau pédologique).

Profil situé à mi-pente d'un glacis très peu pentu (moins de 1 %) bordant l'Oued Chibka.

Aspect de surface: reg de galets de quartz éolisés.

- 0 - 1 cm : Brun clair, croûte très finement sablo-limono-argileuse très poreuse et fragile.
- 1 - 12 cm : Contraste fort, transition linéaire, brun assez foncé avec pseudo-mycelium calcaire et petits amas friables principalement situés au sein de plages gris foncé - Argileux - Structure polyédrique 0,5 à 1 cm en assemblage prismatique 2 cm très fragile; sous structure polyédrique très fine, de l'ordre du millimètre en assemblage peu cohérent; cohésion moyenne à faible - Porosité interagrégats bien développée - Horizon remarquablement friable.
- 12 - 27 cm : Contraste fort, transition sur quelques centimètres - Plages brunes formant un réseau englobant des zones gris foncé à pseudo-mycelium calcaire; petits amas calcaires friables - Argileux - Structure prismatique 4-7 cm, sous-structure à tendance cubique 1-2 cm en assemblage compact mais très fragile; cohésion des agrégats moyenne à forte, d'assemblage très faible; horizon moins friable que le précédent mais encore très tendre - Porosité d'agrégat faible, d'assemblage moyenne.
- 27 - 40 cm : Contraste fort, transition 10 cm - Mêmes teintes composantes, mais le réseau brun est beaucoup plus fin et lâche; il apparaît comme un matériau transformé à partir de fissures anastomosées. Les plages grises comportent un pseudo-mycelium calcaire très abondant et de petits amas calcaires - Même texture - Structure polyédrique à tendance cubique 1-3 cm en assemblage compact; cohésion des agrégats forte, d'assemblage faible (grossièrement friable) - Porosité non visible.

- 40 - 63 cm : Contraste faible, transition progressive - Apparition de plages vertes composées d'argile emballant des quartz et feldspaths avec amas calcaires (grès argileux du Tafari-tien). Le réseau brun disparaît dans cet horizon - Structure polyédrique plus grossière (5 cm) en assemblage compact; cohésion des agrégats forte, d'assemblage moyenne - Porosité peu visible.
- 63 - 75 cm : Horizon de passage à la roche mère par augmentation des noyaux argileux verts - Egalement calcaire.

Interprétation :

Ce sol peut-il être considéré comme un sol de désert ? Par la comparaison de l'ensemble des profils observés sous ces climats, on peut déduire que l'emprunte morphologique du climat désertique se limite aux caractères suivants, susceptibles de se surimposer à toute différenciation préalablement acquise (sous réserve que les horizons supérieurs restent meubles):

- + Présence d'un reg superficiel lorsque des éléments grossiers existent dans le sol, même s'ils sont peu abondants.
- + Présence d'une mince croûte de 1 à 5 cm, fragile, finement sablo-argileuse ou limonneuse, selon la texture sous-jacente, à porosité bulleuse, enchassant la base des galets du reg.
- + Structure de l'horizon supérieur très fine (1 mm), polyédrique, en assemblage très fragile et un peu lâche, lui conférant une friabilité remarquable et un aspect "soufflé", particulièrement développé lorsque la texture est très argileuse (reg pourri).
- + Lorsque le calcaire est présent, il apparaît dès la surface.

Ces caractères morphologiques ont déjà été observés dans le TAMESNA (Sahara nigérien) en 1965. Ainsi, dans cette région, sur les glacis bordant l'AZAOUAK, probablement réentaillés lors de l'humide néolithique qui mit en place les dernières alluvions de ce fleuve fossile, on avait observé des sols développés sur argilites ne présentant pour toute différenciation que les seuls caractères décrits plus haut. En effet, les taches vertes sur fond violet vif caractéristique de cette roche mère se conservent avec le même contraste et la même netteté des limites jusqu'en surface dans l'horizon "soufflé". On pouvait alors parler de sol de désert.

On est ici en présence d'une évolution beaucoup plus poussée qui, abstraction faite des traits morphologiques attribuables au climat désertique, se caractérise:

- du point de vue calcaire, par la présence de pseudo-mycelium et de petits amas friables dans tout le profil avec, semble-t-il un léger maximum dans l'horizon 12-27 cm (amorce d'horizon B_{Ca}); donc un profil calcaire assez peu différencié.
- du point de vue teinte, par une différenciation de couleur très accentuée par rapport à la roche mère (transformation des composés du fer en particulier).
- du point de vue structure par une différenciation également assez accusée (horizon B à tendance prismatique).

Cette morphologie présente certaine analogie avec celle des sols bruns subarides vertiques de Haute-Volta septentrionale, et l'on est tenté de poursuivre plus au nord les variations latitudinales que l'on notait au sujet du passage des sols bruns eutrophes vertiques aux sols bruns subarides vertiques :

HAUTE-VOLTA		Epaisseur du profil	Horizon humifère	Horizon B	Calcaire
	Sols bruns eutr.vert.	2 m	Epais et assez foncé	Prismatique à faces lissées	Assez rare - Base du profil
Sols bruns sub. vert.	1 à 1,5m	Mince et peu contrasté	Prismatique à faces lissées (plus rares)	Fréquent à la base du profil	
Région de NOUADIBOU	Sol "Brun de désert"	60 cm	Pas de différenciation nette	Tendance prismatique	Sur tout le profil.

L'évolution de ces "sols bruns de désert" est probablement héritée de périodes plus humides que l'on peut paralléliser en première approximation avec celles qui ont marqué l'évolution du glacis inférieur en zone soudano-sahélienne. Ces périodes humides ont d'ailleurs laissé des traces sédimentaires importantes sous forme de diatomites en particulier (Tighersioun site n° 5).

Sans oublier le caractère hypothétique de la corrélation des glacis sud-sahariens et de leur histoire climatique avec la surface fonctionnelle des régions plus méridionales, nous constatons sur ces surfaces l'existence d'un gradient des teneurs en calcaire des sols croissant du Sud au Nord ou, en d'autres termes, une mobilité de plus en plus faible du calcium.

B - Les sols de la basse terrasse :

En bordure occidentale du massif d'Inkebdene, la vallée fossile du Khatt Atoui présente une large terrasse à galets de quartz émoussés à peine surélevée par rapport au flat alluvial central (1 m). Cette terrasse porte des sols dont l'évolution du profil calcaire est analogue à celle du profil décrit sur le glacis à reg:

Coordonnées: 20° 27' 15" N - 15° 38' W

Aspect de surface: galets de quartz émoussés de 0,5 à 7 cm.

- 0 - 4 cm : Gris beige, finement sablo-limoneux - Structure lamellaire en surface (croûte) puis polyédrique en assemblage compact, cohésion faible à très faible - Porosité interagrégats fine bien développée - Très calcaire dans la masse.
- 4 - 20 cm : Contraste fort, transition linéaire un peu sinueuse - Brun rouge à pseudo-mycelium calcaire, très calcaire dans la masse - Horizon fortement graveleux (0,5 à 5 cm) - Emballage sablo-argileux à structure polyédrique très fine (moins du millimètre) en assemblage assez compact mais très fragile - Porosité interagrégats fine et forte.
- 20 - 50 cm : Contraste faible, transition rapide - Brun moins rouge, nombreux amas calcaires friables, de taille inférieure à 2 cm, très calcaire dans la masse - Graveleux à galets plus petits - Emballage à structure polyédrique 0,5 à 1 cm en assemblage compact mais fragile, un peu moins friable que l'horizon précédent - Porosité tubulaire et interagrégats fine bien développée.
- 50 - Contraste moyen, transition rapide - Brun, homogène sauf quelques petits amas calcaires, très calcaire dans la masse - Horizon sableux (contraste textural fort et tranché) - Légèrement frais.

On note, comme pour le profil précédent une différenciation calcaire moyenne à faible, l'abondance de cet élément dans tout le profil, une différenciation de couleur également nette mais plus difficile à apprécier du fait de la nature alluviale du dépôt.

IV - REFLEXIONS SUR LES FORMATIONS PEDOLOGIQUES
RENCONTREES : CUIRASSE, CROUTES ET SOLS

Considérons tout d'abord l'ensemble des formations cuirassées que nous avons observées :

La cuirasse ferrugineuse qui coiffe les assises du Continental terminal présente certaines analogies avec la cuirasse pliocène qui fossilise le Relief intermédiaire plus au Sud. De même, il est probable que nous retrouvons cette même cuirasse sur le socle (site n° 10).

La cuirasse ferrugineuse conglomératique à éléments figurés de la cuirasse pliocène a été mise en évidence en de nombreux endroits sur le socle. Ses caractères pétrographiques et morphologiques sont tels que l'on peut apparenter cette cuirasse conglomératique à celle qui fossilise le glacis supérieur en région soudano-sahélienne.

En aucun cas nous n'avons pu définir et localiser une cuirasse ferrugineuse équivalente à ce que les auteurs ont nommé en Afrique Occidentale le "moyen glacis cuirassé". En effet, en contre-bas des témoins de la cuirasse conglomératique (glacis supérieur), il n'existe plus de formations cuirassées. Par contre, on constate l'étagement de deux ensembles de chaînes de sols ou de profils calcaires distincts à la fois par leur cote relative et par leur degré de différenciation: sols à profil calcaire très différencié ou à dalle calcaire d'une part, sols à profil calcaire peu à moyennement différencié d'autre part.

Les chaînes de sols à profil calcaire très différencié, ainsi que les croûtes calcaires occupent, dans la région de NOUADHIBOU la même position stratigraphique que le moyen glacis cuirassé méridional par rapport au repère commun que constitue le glacis supérieur. Ces observations sont à rapprocher de celles effectuées en 1969 dans la région d'AKJOUJT, d'ATAR et de ZOUERATE (sur socle) où on avait déjà trouvé le même étagement:

- Un niveau supérieur à cuirasse conglomératique épaisse
- Un niveau moyen à dalle calcaire à faciès identique à celui de la formation décrite plus haut, lui même entaillé par une troisième surface.

Les sols à profil calcaire peu à moyennement différenciés couvrent les surfaces les plus basses: glacis inférieur et basse terrasse.

x

x

x

Après ce bref rappel des principaux faits observés et de leur organisation dans l'espace, nous considérerons tout d'abord la dernière surface constituée par le glacis inférieur et la basse terrasse au sud du Sahara occidental en comparant ses formations pédologiques avec celles qui couvrent la surface fonctionnelle des régions plus méridionales, de la HAUTE-VOLTA en particulier.

Nous avons déjà signalé, à titre d'hypothèse, le gradient croissant du Sud au Nord de l'immobilisation du calcaire dans les profils ou dans les chaînes de sols. En HAUTE-VOLTA cette immobilisation se manifeste déjà, très ténue, sous 5 à 700 mm de pluviométrie, avec, en particulier, la recalcarification des sols ferrugineux lessivés sur matériau kaolinique ancien. Rappelons qu'elle se surimpose alors à un début de carapacement ferrugineux et que l'on interprète cette superposition comme la manifestation de l'oscillation latitudinale d'un seuil séparant milieu ouvert et milieu confiné pour les éléments les plus mobiles et, en particulier, le calcium.

D'un point de vue purement morphologique, ceci se traduit par :

- un gradient de "calcarification" croissant du Sud au Nord
- un gradient de "ferruginisation" croissant du Nord au Sud

Ces deux gradients se chevauchent dans la bande pluviométrique 5 à 700 mm par suite de fluctuations climatiques récentes.

Si ces hypothèses se révèlent exactes, la limite entre pédogénèse "calcaifiante" et pédogénèse "ferruginisante" ne correspondrait pas à celle qui sépare climat méditerranéen et climat tropical, mais se situerait vers les isohyètes 500 à 700 mm en zone sahélienne. Dans la position de ce seuil, interviendraient évidemment d'autres facteurs tels que la richesse en calcium des roches mères, la perméabilité des matériaux, le relief...

x

x

x

Si l'on applique le même raisonnement au moyen glaciaire, on est amené à envisager l'existence, lors de l'évolution de cette surface, de gradients identiques, avec passage d'une cuirasse ferrugineuse à une croûte calcaire ou, du moins, à des chaînes à profils calcaires très différenciés (¹)

Une objection apparaît cependant qui a trait à l'épaisseur et au degré d'évolution élevé des cuirasses et croûtes calcaires que nous rattachons au moyen glaciaire par rapport à la ténuité des phénomènes correspondants observés dans les sols actuels ou récents. Nous pensons qu'intervient ici le facteur temps. Le moyen glaciaire correspond à une pulsation climatique complète et de longue durée (englobant des oscillations secondaires), alors que celle qui a vu la formation de la surface fonctionnelle et son évolution pédologique est seulement en cours et probablement à son début. Les oscillations secondaires, dont on retrouve la trace dans les profils actuels, ont probablement été effacées pour le moyen glaciaire par le processus qui l'a emporté sur l'ensemble de la pulsation: ferruginisation au Sud, calcarification au Nord.

On retrouverait donc sur cette surface les mêmes variations latitudinales que sur la surface actuelle, mais amplifiées et décalées vers le Nord, décalage que l'on déduit de la position plus septentrionale des témoins du moyen glaciaire cuirassé (plus de 16° N) par rapport à la position actuelle du seuil. Le passage de la cuirasse ferrugineuse à la croûte calcaire reste à préciser. Cependant, les observations faites depuis 1967 au SENEGAL et en MAURITANIE permettent de supposer que cette limite se situerait entre 15° et 20° de latitude Nord, avec des variations probables principalement liées à la nature pétrographique des roches mères.

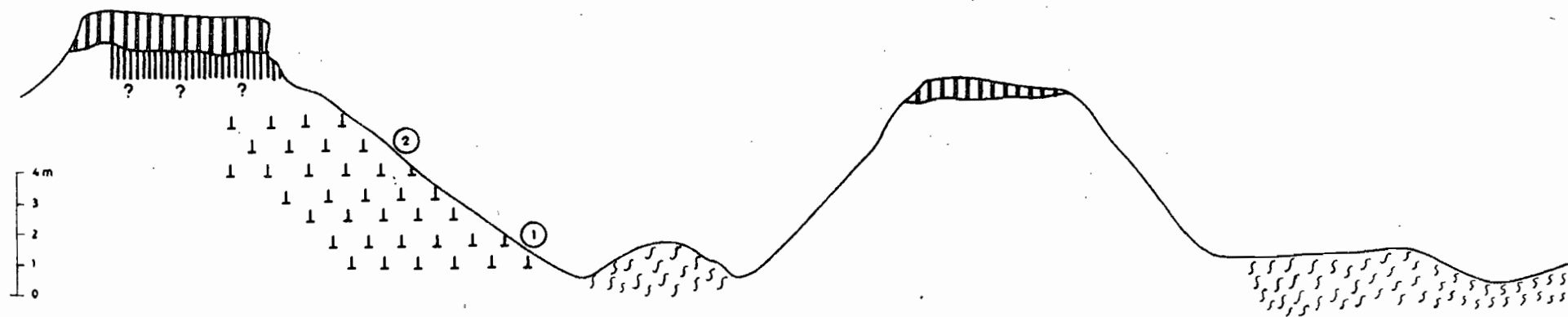
IV - LES SILICIFICATIONS


A - Sur le socle:


Nous avons pu les observer sur le socle qui borde le KHATT ATOUI (cf. planche 5).


Il s'agit de très fortes imprégnations calcédonieuses qui fossilisent les reliefs mous situés en contrebas des collines cuirassées (glaciaire supérieur relief intermédiaire ?).


(¹) Notons qu'en ce qui concerne le glaciaire supérieur, ce passage ne s'annonce pas encore dans nos observations les plus septentrionales.




 Cuirasse ferrugineuse conglomératique - équivalent du Haut glacis cuirassé.

 Relief intermédiaire ?

 ② Socle altéré: vieux manteau éocène ?

 ① Socle altéré: partie enrichie en ClNa.

 Filons de serpentine altérée et zone de silicification (amas calcédonieux importants).

Ces silicifications semblent avoir imprégné des filons de serpentines complètement altérées. (Il nous faudra attendre le résultat des études pétrographiques pour avoir plus de détails).

Le problème de la mise en place de ces silicifications très importantes reste entier: sont-elles contemporaines d'une altération pliocène ou plus ancienne? L'ampleur de ces silicifications et leur répartition en distance nous empêchent de les considérer en filiation avec la mise en place du glacis supérieur.

2) Sur formations sédimentaires

a) Continental terminal:

Les silicifications que l'on trouve liées aux grès et grès argileux du Continental terminal semblent liées à des phénomènes d'altération de ce sédiment. Réparties dans le profil ou réparties très localement dans un sens horizontal, ces silicifications semblent liées à une argilification du sédiment. En effet on trouve certains amas rouges ou blancs difformes ou à structure feuilletée conservée (argileuse ?) de quelques millimètres à plusieurs centimètres, fortement ou faiblement indurés; la cassure est parfois conchoïdale. Le centre de ces amas (apparemment correspondant à des argiles silicifiées) est parfois calcédonieux.

Les observations minéralogiques et pétrographiques plus fines nous permettront sans doute d'éclairer ce problème *.

Au sommet des coupes observées sur Continental terminal, nous trouvons parfois un horizon blanchâtre qui tranche nettement par sa couleur et son aspect vacuolaire. Cet horizon occupe souvent le sommet des coupes sur une épaisseur très variable (quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres), mais il est recouvert localement de grès à tubulures, bariolé d'ocre et de rose.

Lorsqu'on examine ce grès blanchâtre, on observe une variation rapide et sans discordance de la granulométrie du grès (qui passe de fine à grossière 4 mm) par rapport à celle des grès bariolés sous-jacents et sus-jacents. Ce niveau grossièrement vacuolaire paraît avoir perdu une grande partie de sa fraction fine (lessivage facilité par la taille du squelette ?).

* Les observations sur Continental terminal plus complètes, faites dans la région de Kaédi (R.I.M.) permettent de penser que ces silicifications se sont opérées au cours de l'altération pliocène.

b) Sur les formations aïoujiennes et tafaritiennes :

Les formations supérieures affleurantes, grésocalcaires, calcaires et calcaro-gréseuses de l'Aïoujien et du Tafaritien montrent en bordure des assises du Continental terminal des phénomènes de silicification très locale.

- Observation faite au Fort de Bou Lanouar (site n° 15).

Le sommet des calcaires légèrement gréseux aïoujiens qui constitue la butte sur laquelle repose le Fort de Bou Lanouar, est recouvert d'une croûte calcédonieuse jaune, brun clair ou blanche à gris bleu dont l'épaisseur peut varier de quelques millimètres à plusieurs centimètres. Ces silicifications par leur disposition sont à rapprocher des phénomènes de meulièrement des calcaires.

- Observation faite sur les buttes à proximité du PK 101 du chemin de fer Port-Etienne - Tazadit :

Les grès calcaires à Hélix, d'âge aïoujien, présentent à leur sommet une altération en boules de 10 cm de diamètre en moyenne, parfois bien dégagée ou partiellement enveloppée d'écailles de desquamation.

Cette altération en boule affecte le sédiment aïoujien sur une épaisseur de 0,50 à 1 m.

Ce phénomène semble lié à des concentrations siliceuses sphériques au sein des grès calcaires et qui auraient commandé ce système d'érosion en boule avec conservation et exhumation du cœur silicifié.

- Observation faite au PK 106 :

Au sommet d'un grès calcaro-argileux défini comme Tafaritien par L. HEBRARD nous trouvons un niveau de concrétion calcédonieuse à cortex calcaire.

Les mauvaises conditions d'affleurement ne nous ont pas permis d'observer les rapports existant entre le niveau de concentration siliceuse et le grès tafaritien sous-jacent.

c) Interprétation :

Deux faits sont à retenir:

- localisation de ces silicifications sur Aïoujien et Tafaritien uniquement en bordure du Continental terminal gréseux;
- modelé plus élevé du Continental terminal par rapport aux formations aïoujienne et tafaritienne.

Nous pouvons penser que le Continental terminal a servi de distributeur de silice, venue se concentrer en contrebas au sommet des formations quaternaires aïoujienne et tafaritienne.

L'âge de la mise en place de ces silicifications reste à déterminer; peut-être est-elle contemporaine du lessivage de certains horizons du Continental terminal que l'on a observés dans certaines coupes.

V - CONCLUSIONS

En conclusion de cet exposé, on soulignera que cette tournée a soulevé beaucoup de problèmes à la lumière d'éléments nouveaux, mais qu'elle n'a permis d'en résoudre aucun. Tout au plus a-t-elle permis d'inventorier un certain nombre de formations pédologiques, d'en donner un début de caractérisation, de les comparer à celles que l'on observe plus au Sud, de les organiser enfin selon un schéma provisoire qui a pour principal intérêt de guider notre action ultérieure.

Cette action, en ce qui concerne les études pédologiques et d'altération doit à notre avis :

- 1°/ s'axer sur des régions situées sur le socle - En effet, malgré sa relative hétérogénéité pétrographique, le socle migmatitique permet généralement de retrouver en tous points des roches mères analogues et ainsi d'isoler les autres facteurs (climat, topographie...). Par ailleurs, sur le socle, ce sont le plus souvent des formations pédologiques qui constituent l'armature du relief et commandent son organisation. Cette organisation est généralement assez claire et les diverses formations pédologiques bien distinctes.
L'étude des manifestations pédologiques sur les formations sédimentaires sera probablement plus facile à la lumière de ce que l'on aura établi sur le socle.
- 2°/ Les secteurs géographiques choisis sont ou seront étudiés systématiquement et complètement. Il faudra définir autant que possible les zones de départ et les zones d'arrivée éventuelles des éléments solides ou dissouts transportés. Le massif d'Inkebdène dont il est question dans l'exposé ci-dessus est un des secteurs choisis.
- 3°/ Les termes de passage que nous avons suggérés en ce qui concerne le moyen glacis sont en cours d'étude depuis 1967 entre le SENEGAL et la MAURITANIE. Le massif d'Inkebdène est une étape de ce programme d'étude.

On soulignera enfin qu'il paraît de plus en plus vraisemblable que les variations des caractères pédologiques avec la latitude ont été et sont assez progressives mais qu'il existe aussi des seuils correspondant à un basculement des équilibres pédologiques. De ce fait, l'étude des séquences climatiques est nécessaire à la compréhension de la pédogénèse en un point

donné. Etendre ses observations en latitude n'aboutit pas à une dispersion des efforts mais au contraire est nécessaire à la compréhension des diverses générations de sols que l'on est en train d'étudier de façon détaillée dans des régions qui apparaissent de plus en plus comme des zones de transition, celle qui est comprise entre les isohyètes actuels de 400 et 1.000 mm pour la surface fonctionnelle et entre 15 et 20° de latitude nord pour la moyenne surface.

- - AVR. 1970

B I B L I O G R A P H I E

- BOULET (R.) - 1966 - Observations pédologiques dans le TAMESNA oriental (Rép. du NIGER). Relations sol - végétation. Centre O.R.S.T.O.M. de DAKAR, multigr. 67 p.
- BOULET (R.) - 1970 - La géomorphologie et les principaux types de sols en HAUTE-VOLTA septentrionale. A paraître in Cah. ORSTOM sér. Pédol.
- BOULET(R.),KALOGA(B.), LEPRUN(J.C.),TOBIAS(C.) - 1970 - Etude de la pédogénèse en région à longue saison sèche de l'Afrique Occidentale - HAUTE-VOLTA - Programme de recherches. Centre ORSTOM de DAKAR, multigr. 14p.
- ELOUARD (P.),FAURE (H.), HEBRARD (L.) - 1969 - Le Quaternaire du littoral mauritanien entre NOUAKCHOTT et PORT-ETIENNE. Bull. Ass. Sén. ét. Quatern. Ouest afr. DAKAR, n° 23-24 nov. 1969.
- MICHEL (P.) - 1959 - L'évolution géomorphologique des bassins du Sénégal et de la Haute Gambie. Ses rapports avec la prospection minière. Rev. Géom. dyn. X, n°s 5 - 12, pp. 117 - 143.
- MICHEL (P.) - 1969 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, étude géomorphologique. Thèse lettres, STRASBOURG 3 tomes.
- NAHON (D.) - 1969 - Nouvelles observations sur les formations cuirassées du Sénégal et de Mauritanie - Trav. Lab. se. Terre Marseille - St-Jérôme.
- NAHON (D.), DEMOULIN (D.) - 1970 - Essai de Stratigraphie relative des formations cuirassées du Sénégal occidental C.R. Acad. Sc. Paris, ser D. mai 1970.
- RUELLAN (A.) - 1970 - Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes: les sols à profil calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya (MAROC-Oriental). Thèse sc., STRASBOURG 482 p. multigr.
- VOGT (J.) - 1959 - Aspect de l'évolution morphologique récente de l'Ouest africain. Ann. de Géogr., n° 367 pp. 193-206.

Boulet René, Nahon D.

Observations pédologiques dans la région de Nouadhibou,
République Islamique de Mauritanie

Dakar : ORSTOM ; Université de Dakar, 1970, 21 p. multigr.