

LE THEME B
EN HAUTE-VOLTA ET AU TOGO

Etat d'avancement des recherches de R. BOULET, B. KALOGA
J. C. LEPRUN, A. LEVEQUE

Compte-rendu par
A. RUELLAN

Du 12 au 29 Janvier 1971, une tournée a réuni sur le terrain, autour du Professeur G. MILLOT, Directeur de l'Institut de Géologie de Strasbourg, les pédologues ORSTOM rattachés au thème B et poursuivant actuellement des travaux de recherche et de cartographie en Haute-Volta (R. BOULET, B. KALOGA et J. C. LEPRUN), au Togo (A. LE COCQ et A. LEVEQUE) et au Dahomey (D. DUBROEUCQ, P. FAURE et M. VIENNOT). Participèrent également à cette tournée Mlle H. PAQUET, de l'Institut de Géologie de Strasbourg, J. C. PION, géologue ORSTOM travaillant en Haute-Volta, D. NAHON, géologue Assistant à l'Université de Dakar, et A. RUELLAN, Animateur du thème B.

L'objectif principal de cette tournée était de faire le point, dans le cadre du thème B, des recherches poursuivies par R. BOULET, B. KALOGA et J. C. LEPRUN en Haute-Volta et par A. LEVEQUE au Togo, et d'en tirer quelques directives générales pour les programmes de recherches à poursuivre et à lancer dans les régions tropicales à saison sèche accentuée.

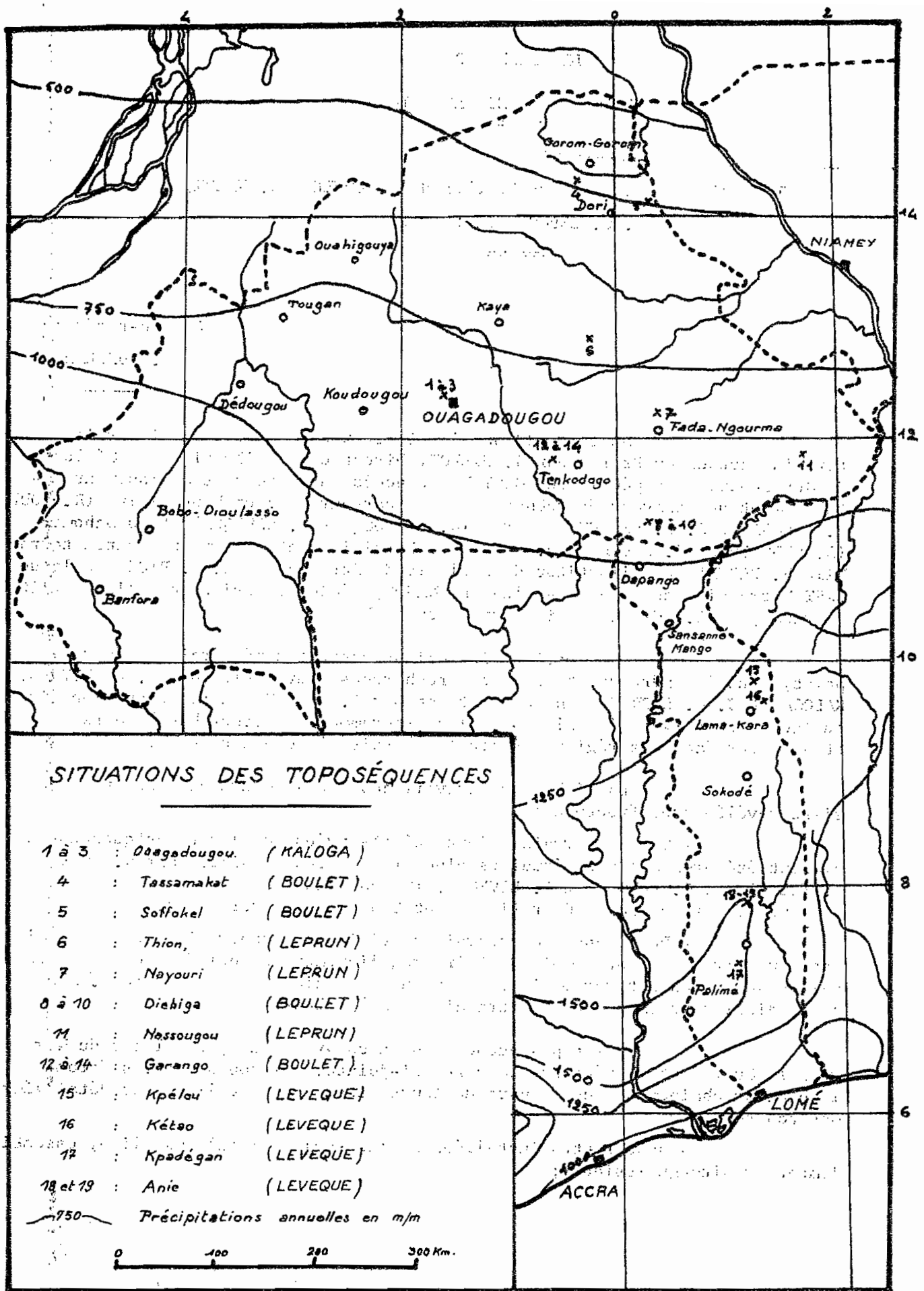
La méthode de travail adoptée au cours de cette tournée s'est révélée très fructueuse :

- Sur le terrain, n'ont été observées que les toposéquences qui avaient été préalablement étudiées d'une façon très détaillée par R. BOULET, B. KALOGA, J. C. LEPRUN et A. LEVEQUE. 19 toposéquences ont ainsi été vues, chacune comportant 10 à 30 profils ayant 2 à 10 m de profondeur.

- Des séances de travail quotidiennes autour d'une table et d'un tableau noir, nous ont permis de faire régulièrement le point de ce que nous avons vu et des interprétations qui s'en dégagent progressivement. Nous avons ainsi tenu 12 séances de travail de 2 à 5 heures chacune.

Les toposéquences que nous avons vues, en allant du Nord vers le Sud, sont situées sur la carte ci-jointe. Ces toposéquences feront l'objet prochainement, de la part de leurs auteurs, de publications détaillées. Ces toposéquences :

- sont toutes installées sur le socle cristallophyllien, essentiellement granito-gneissique ;



SITUATIONS DES TOPOSÉQUENCES

- 1 à 3 : Ouagadougou. (KALOGA)
 - 4 : Tassamaké (BOULET)
 - 5 : Soffokel (BOULET)
 - 6 : Thion, (LEPRUN)
 - 7 : Nayouri (LEPRUN)
 - 8 à 10 : Diebiga (BOULET)
 - 11 : Nossougou (LEPRUN)
 - 12 à 14 : Garango (BOULET)
 - 15 : Kpélou (LEVEQUE)
 - 16 : Kéto (LEVEQUE)
 - 17 : Kpédogan (LEVEQUE)
 - 18 et 19 : Anie (LEVEQUE)
- 750 — Précipitations annuelles en m/m



- sont situées, du Nord au Sud, dans les principales zones climatiques du domaine tropical à longue saison sèche ;

- sont placées sur et relient entre elles, les principales surfaces géomorphologiques, c'est-à-dire ce que l'on a coutume d'appeler les haut, moyen et bas-glacis :

• les toposéquences présentées par BOULET ne concernent que les bas-glacis, non ou peu cuirassés ;

• celles présentées par KALOGA concernent principalement le moyen-glacis, plus ou moins cuirassé ;

• celles présentées par LEPRUN se situent surtout à cheval sur les zones de passage entre les 3 surfaces ; les 2 supérieures sont cuirassées ;

• celles, enfin, présentées par LEVEQUE au Togo, dans des paysages où les cuirasses sont beaucoup moins développées qu'en Haute-Volta, se situent soit sur les versants reliant la vieille surface (équivalent probable du haut-glacis) aux axes de drainage secondaires, soit sur des versants reliant à ces axes de drainage des interfluves surbaissés par rapport à la vieille surface, donc considérés comme plus récents qu'elle.

Les sujets abordés et discutés au cours de cette tournée furent bien sûr très nombreux. Nous n'en rapporterons ici que l'essentiel, que l'on peut résumer autour de six thèmes principaux :

- Les horizons d'altération kaolinique : morphologie, genèse et âge.

- Le démantèlement et la destruction des carapaces et des cuirasses ferrugineuses et leurs conséquences sur l'évolution des formes du relief.

- La différenciation des sols sur les bas-glacis de la Haute-Volta.

- Les migrations obliques des éléments en solution et des particules fines.

- L'allochtonie et le remaniement des matériaux pédologiques.

- La pédogenèse actuelle et les variations climatiques du passé.

I.- LES HORIZONS D'ALTERATION KAOLINIQUES : MORPHOLOGIE, GENESE ET AGE

Sous les sols cuirassés (Haute-Volta) ou non cuirassés (Centre-Togo) du haut-glacis, on note presque toujours la présence d'épais horizons d'altération kaoliniques, passant en profondeur à des arènes altérées : c'est le "vieux manteau kaolinique", avec ses "argiles tachetées" ou "bariolées", déjà décrit par de nombreux auteurs.

Les observations et les problèmes sur lesquels nous nous sommes plus particulièrement penchés, à ce sujet, en travaillant sur les toposéquences de KALOGA, LEPRUN et LEVEQUE, sont les suivants :

1°) L'épaisseur de ces horizons d'altération, sous le haut-glacis, est variable, en fonction semble-t-il des roches-mères et des situations géomorphologiques du passé. On connaît cependant encore très mal l'importance de ces

variations. Les divers faciès de ces horizons, et leur répartition verticale et horizontale, sont également mal connus. L'interprétation de la genèse de ces horizons, de leurs relations avec les horizons superficiels, et de leur influence sur les pédogenèses plus récentes en est rendue d'autant plus difficile.

2°) Quand on s'éloigne du rebord d'un plateau ou d'une butte-témoin du haut-glacis pour descendre sur un moyen ou bas-glacis, on constate en général la diminution d'épaisseur puis la disparition de ces altérations épaisses : à quelques dizaines ou centaines de mètres du rebord, la surface du glacis emboîté se place à une altitude inférieure à celle du front d'altération du haut-glacis. On peut même constater dans certains cas, dont la généralité reste à vérifier, qu'en s'éloignant du rebord le front d'altération remonte, venant à la rencontre de la surface qui s'abaisse.

3°) A la base des sols du moyen-glacis, on retrouve des horizons d'altération, en général nettement moins épais que ceux du haut-glacis (quelques mètres seulement) et surtout à faciès beaucoup plus variés ; les horizons kaoliniques tachetés ou bariolés, restent fréquents, mais les faciès sont souvent différents de ceux du haut-glacis ; par ailleurs, sous ces horizons kaoliniques, se situent souvent des horizons montmorillonitiques : ces horizons peuvent être épais et remplacer complètement les horizons kaoliniques. Le long d'un glacis, on constate en général que :

- les horizons kaoliniques dominant à l'amont ;
- les horizons montmorillonitiques dominant vers l'aval ;
- dans la partie moyenne du glacis, l'un ou l'autre de ces horizons prend plus ou moins d'importance en fonction, semble-t-il des variations pétrographiques, du micro-relief, des variations locales des conditions de drainage.

4°) A la base des sols du bas-glacis, les horizons d'altération kaolinique, type "argiles tachetées" ou bariolées" sont rares (encore que KALOGA ne soit pas d'accord sur cette dernière observation).

5°) Trois hypothèses principales ont été émises au sujet de la genèse et de l'âge de ces horizons d'altération :

a) Le vieux manteau date du Tertiaire ; il recouvrait alors de grandes surfaces sous un cuirassement puissant (c'est le "relief intermédiaire" des Auteurs). Ultérieurement, les surfaces des haut, moyen et bas-glacis, se sont entaillées dans ce manteau, sans que l'altération kaolinique se poursuive en profondeur : cette altération a encore pu se faire pendant la période de façonnement du haut-glacis, mais plus après. Les horizons d'altération kaoliniques que l'on retrouve sous les moyens et bas-glacis sont donc hérités d'un passé beaucoup plus lointain : les altérations qui se sont faites sous ces glacis sont montmorillonitiques. Cette hypothèse a surtout été défendue par KALOGA.

b) Le vieux manteau date, pour l'essentiel, du Tertiaire et du début du Quaternaire. Il recouvrait alors de grandes surfaces. Au cours du Quaternaire, l'altération kaolinique s'est poursuivie, mais d'une façon beaucoup plus lente, peut-être même de plus en plus lentement. Des horizons mont-

morillonitiques ont pu alors se différencier sous les horizons kaoliniques et ceci d'autant mieux que les roches-mères et les conditions topographiques y étaient favorables. Dans le cadre de cette hypothèse, on considère que les horizons d'altération kaolinique que l'on peut observer sous les sols du moyen-glacis (et peut-être même du bas-glacis), ne sont pas toujours entièrement hérités d'un passé plus lointain, et qu'ils peuvent alors être caractéristiques, avec les horizons montmorillonitiques qui leur sont associés, de la pédogenèse de ces glacis. Cette hypothèse a surtout été défendue par les chercheurs travaillant en Haute-Volta (BOULET, LEPRUN, PION) et dans le Nord-Togo (LE COCQ).

c) Le vieux manteau kaolinique n'a pas préexisté partout et, en gros, il n'a existé que là où on le retrouve aujourd'hui. Ces horizons d'altération, et les sols qui les surmontent, ont commencé à se différencier il y a très longtemps ; ils poursuivent actuellement leur évolution, avec peut-être cependant un certain ralentissement qui a permis aux horizons montmorillonitiques de se développer. Là où les sols profonds et leurs épais horizons kaoliniques, n'existent pas actuellement, c'est qu'ils n'ont pas pu s'y différencier, soit pour des raisons de roches-mères, soit des raisons d'enfoncement du relief (érosion, sous-tirage, hydromorphie). Cette hypothèse, présentée par l'équipe du Dahomey (DUBROEUCQ, FAURE et VIENNOT) recueille également l'accord de LEVEQUE : c'est en somme l'hypothèse de ceux qui, travaillant dans des régions où les climats actuels sont assez humides, régions proches du domaine ferrallitique, sont moins tentés que les chercheurs du Nord de donner beaucoup d'importance à des paléoclimats plus humides.

En fait, ces horizons d'altérations étant encore assez mal connus, surtout vers le Sud, les points d'appuis solides sur lesquels peuvent se fonder ces hypothèses sont encore peu nombreux. Des efforts sont à faire dans deux directions :

- Description morphologique détaillée de ces horizons d'altération ; étude des variations verticales et horizontales des différents faciès ; étude des passages vers les divers types d'arènes et de roches et vers les divers types d'horizons B, en fonction des positions géomorphologiques. KALOGA et LEPRUN en Haute-Volta, DUBROEUCQ, FAURE et VIENNOT au Dahomey ont une partie de leurs programmes de recherche dans cette direction. La collaboration des pédologues du thème A et des géologues "altéreurs" est indispensable.

- Etude de la profondeur de ces horizons d'altération, en s'aidant des méthodes de sondage électrique. La collaboration des Géophysiciens de l'ORSTOM doit être demandée.

II.- LE DEMANTELEMENT ET LA DESTRUCTION DES CARAPACES ET DES CUIRASSES FERRUGINEUSES ET LEURS CONSEQUENCES SUR L'EVOLUTION DES FORMES DU RELIEF

L'étude du démantèlement et de la destruction des carapaces et des cuirasses ferrugineuses et de leurs conséquences sur l'évolution des formes du relief, constitue l'un des objectifs principaux du programme de LEPRUN en Haute-Volta. Pour cela, il a entrepris de dépouiller en détail les principaux types de toposéquences qui relient soit les différentes surfaces cuirassées entre elles, soit ces surfaces cuirassées aux basses surfaces qui ne le sont pas.

BOULET, KALOGA et LEVEQUE sont également confrontés à ces problèmes, mais d'une façon plus secondaire par rapport aux objectifs majeurs de leurs programmes.

1°) Les premiers résultats des études de LEPRUN attirent l'attention sur l'importance des mécanismes profonds dans le démantèlement des carapaces et des cuirasses. LEPRUN met en effet en évidence la présence, sous les cuirasses, au niveau des carapaces :

- d'une part d'horizons lessivés, également observés par KALOGA, et d'horizons d'accumulation d'argile ;

- d'autre part d'une individualisation de noyaux ferrugineux dont l'organisation interne et la disposition dans l'horizon conduisent à penser qu'il s'agit là du résultat de la fonte sur place du réseau ferrugineux de la carapace et de la cuirasse (KALOGA n'est pas d'accord sur ce point : pour lui le démantèlement des cuirasses n'est pas accompagné d'un départ important de fer en solution).

Il y a donc, d'après LEPRUN, lessivage des argiles (avec accumulation partielle) et dissolution du réseau ferrugineux, au niveau des carapaces ; au total, ceci provoque une fonte des carapaces, fonte qui peut gagner progressivement la base des cuirasses et qui, de toutes façons, entraîne forcément le démantèlement mécanique de ces cuirasses. Le démantèlement mécanique favorise lui-même ensuite les phénomènes de lessivage et de dissolution au niveau des cuirasses.

2°) Les cuirasses se détruisent également par le sommet, plus ou moins vite selon l'importance de l'érosion superficielle qui agit sur les horizons A. Les nombreuses discussions que nous avons eu à ce sujet ont cependant démontré que l'importance et les mécanismes de cette destruction superficielle restent pour l'instant, mal connus.

3°) Pour saisir le rôle de ces mécanismes pédologiques sur l'évolution des formes du relief, LEPRUN s'attache à étudier les divers types, pédologiques et géomorphologiques, de passages d'une surface à l'autre. Il est encore trop tôt pour rapporter les premiers résultats de cette étude qui en est à ses tous débuts, mais il est intéressant de signaler les filiations chronologiques que LEPRUN voit déjà apparaître entre les divers types de toposéquences.

4°) Un des sujets les plus débattus pendant la tournée fut celui de l'héritage figuré laissé par les cuirasses les plus vieilles dans les cuirasses et carapaces plus jeunes et surtout l'héritage laissé par l'ensemble des cuirasses dans les sols non cuirassés considérés comme plus jeunes. Deux hypothèses principales ont été discutées :

- Dans les cuirasses les plus jeunes et dans les sols non cuirassés mais dont les Bfe sont riches en nodules ferrugineux bien individualisés (gravillons), les éléments ferrugineux hérités du passé sont nombreux. En particulier, dans les sols non cuirassés, la plupart des "gravillons" sont le résultat du démantèlement, de la fonte des cuirasses et carapaces, fonte qui ne serait donc jamais totale et qui aurait eu lieu pratiquement sur place, avec simple descente verticale de l'ensemble du sol, sans déplacement latéral important. Cette hypothèse a surtout été défendue par LEPRUN ; elle implique que les sols cuirassés couvriraient autrefois des surfaces beaucoup plus importantes qu'aujourd'hui.

- Dans les cuirasses les plus jeunes et dans les sols non cuirassés, les éléments ferrugineux hérités sont peu nombreux (et d'autant moins nombreux qu'on s'éloigne des surfaces cuirassées). En particulier, la plupart des "gravillons" sont des nodules nés sur place. Cette hypothèse a surtout été défendue par LEVEQUE ; elle implique soit une fonte presque totale d'une grande partie des cuirasses du passé, soit une extension limitée de ces cuirasses dans le passé : c'est cette dernière hypothèse, qui est en accord avec celle qu'ils ont défendue à propos du vieux manteau, qui a la préférence des chercheurs travaillant au Togo et au Dahomey.

Mis à part les travaux de LEVEQUE sur les concrétions ferrugineuses, les faits précis permettant d'argumenter cette discussion dans le détail sont encore peu nombreux. En particulier, tout un travail micromorphologique, qui permettrait de comparer les structures internes des nodules entre elles et avec celles des cuirasses et carapaces, et qui permettrait d'étudier les relations qui existent entre ces nodules et la matrice qui les entoure, reste à faire : il est actuellement entrepris par l'équipe travaillant en Haute-Volta. Par ailleurs, une étude de la dynamique actuelle du fer dans les sols, les toposéquences et les bassins versants, s'avère aussi indispensable, ne serait-ce que pour pouvoir évaluer, dans diverses régions, l'importance actuelle des phénomènes de dissolution et de migration.

III. - LA DIFFERENCIATION DES SOLS SUR LES BAS-GLACIS DE LA HAUTE-VOLTA

BOULET étudie depuis plusieurs années les sols des bas-glacis de la Haute-Volta, différenciés sur matériaux riches en minéraux altérables issus de granités ou de migmatites. Il termine actuellement son travail sur le terrain.

Les faits et les conclusions principales du travail de BOULET, que nous avons pu observer et discuter sur le terrain, sont, d'une façon très résumée, les suivantes :

1^o). Il y a, sur ces bas-glacis, deux types principaux de toposéquences auxquels BOULET donne les définitions suivantes :

1^{er} type : toposéquences où les migrations latérales, lorsqu'elles existent, se font à l'état de solution et n'entraînent pas de différenciation latérale importante des profils, ni l'apparition d'horizons à limites tranchées, exceptés ceux dus à certaines actions mécaniques de surface. Les variations latérales brutales éventuelles sont dues à des changements de roche-mère. Dans le Nord, ces toposéquences associent soit des solonetz à des sols bruns subarides alcalisés soit des sols bruns subarides vertiques à des vertisols à caractères vertiques moyennement accentués. Dans le Sud, ces toposéquences relient des sols bruns eutrophes vertiques ou des solonetz à des vertisols. Ce type de toposéquence occupe des surfaces beaucoup plus importantes dans le Nord subaride que dans le Sud.

2^{er} type : toposéquences où les migrations latérales se font à l'état de solutions; mais aussi sous forme particulière, ce qui entraîne la formation d'horizons lessivés et d'horizons B à limites tranchées, linéaires et, par la même occasion, une différenciation latérale au long de la pente très importante, sans que varie la roche-mère. Ces toposéquences associent des sols

ferrallitiques et des sols ferrugineux tropicaux lessivés, à des solonetz, planosols et vertisols. On ne les trouve que dans le Sud du pays, là où la pluviosité est supérieure à 700 mm.

2°) Les toposéquences du deuxième type peuvent être décomposées en deux chaînes chronologiquement distinctes, la seconde se développant dans la première.

- La chaîne de première génération se rapproche, par les types de mécanismes qui en sont à l'origine, des toposéquences de premier type. Les sols sont cependant différents, puisqu'il s'agit de sols ferrallitiques et de sols ferrugineux plus ou moins cuirassés.

- La chaîne de deuxième génération est caractérisée par la présence d'horizons lessivés et d'horizons illuviaux, développés à la base et au sein des horizons B des sols de la chaîne de première génération.

- Quand on va de l'amont vers l'aval des toposéquences, on constate :

. un épaissement des horizons profonds à structure de lessivage ; à l'amont ces horizons apparaissent à la base des horizons B, au contact de l'arène ; vers l'aval ils envahissent progressivement la totalité des horizons de la première génération ;

. le développement à la base de l'horizon lessivé, d'un nouvel horizon d'accumulation d'argile ; ce nouvel horizon B s'épaissit vers l'aval en remontant progressivement dans l'horizon lessivé qu'il envahit, la limite qui sépare l'horizon lessivé du nouvel horizon d'accumulation étant toujours très linéaire ; ce nouvel horizon B serait, pour l'essentiel, le résultat d'un lessivage vertical ou légèrement oblique ;

. vers l'aval, au sein des horizons lessivés devenus très épais, donc au-dessus du nouvel horizon B, apparaît encore un autre horizon B d'accumulation d'argile ; ce troisième horizon B, dont la morphologie est macroscopiquement identique au précédent, apparaît d'abord comme perché dans l'horizon lessivé, puis vers l'aval, sa base va progressivement rejoindre le sommet de l'horizon B précédent ; ce troisième horizon B serait le résultat d'apports latéraux venus des horizons qui se lessivent à l'amont ;

. tout à fait à l'aval, enfin, ces horizons B viennent s'appuyer sur des horizons argileux dépourvus de revêtement argileux ; ce sont des horizons d'altération, qui se rapprochent rapidement de la surface, alors que les horizons B et lessivés disparaissent.

- L'organisation de la chaîne de deuxième génération permet à BOULET de démontrer que le lessivage commence à l'aval des toposéquences et à la base des sols. L'horizon lessivé se développe ensuite progressivement vers l'amont de la toposéquence et vers le sommet des sols. Ce front de lessivage est suivi du front d'accumulation qui remonte de la même façon, avec cependant un certain retard qui traduit à la fois un tassement et la perte, à l'échelle de la toposéquence, d'une partie des produits solubilisés ou mis en suspension. Avec un retard nettement plus important, le deuxième horizon d'accumulation apparaît aussi à l'aval et remonte vers l'amont.

3°) Les toposéquences du deuxième type n'existent que là où les mécanismes pédogénétiques ont donné naissance à des structures pédologiques (première génération) favorables au déclenchement et au développement des phénomènes de lessivage et d'accumulation responsables de la différenciation

de la chaîne de deuxième génération. Ces structures sont caractérisées par une porosité initiale assez bien développée ou par des variations importantes de cohésion, et par la présence d'une organisation susceptible de fournir à l'horizon lessivé naissant une charpente qui préserve du tassement la porosité créée par le lessivage lui-même. La structure des horizons Bfe carapacés est particulièrement favorable.

4°) Les deux types de toposéquences peuvent cohabiter dans les mêmes paysages, se développer sur les mêmes roches et les mêmes surfaces. Pour expliquer la présence localisée des structures pédologiques favorables au déclenchement de la chaîne de deuxième génération, BOULET pense qu'il peut s'agir là du résultat :

- soit d'une érosion qui a fait disparaître sur des surfaces importantes les chaînes de 1ère génération à structure favorable ; sur les surfaces érodées se sont alors différenciées des toposéquences du premier type ;
- soit de conditions pétrographiques (granite leucocrate à grain grossier, par exemple) ou topographiques (présence d'un inselberg, par exemple) particulières ; cette seconde hypothèse apparaît actuellement comme la plus vraisemblable.

5°) Dans les toposéquences du deuxième type, les raisons du déclenchement des mécanismes de deuxième génération restent du domaine de l'hypothèse. Cela peut être la conséquence :

- d'une variation climatique ;
- de l'utilisation des sols par l'homme ;
- de la naissance même des structures favorables.

Par ailleurs, la place et le rôle de cette évolution pédologique à deux générations dans l'histoire des glacis de la Haute-Volta restent posés : s'agit-il d'une particularité des bas-glacis ou au contraire d'un type d'évolution qui de tout temps a contribué à la genèse des sols et des formes de ces régions ?

6°) La présence dans les deux types de toposéquences, de sols dont la différenciation morphologique est celle de solonetz et solonetz solodisés, est à souligner, la genèse de ces sols n'étant, à priori, pas du tout la même dans les deux cas. En particulier, le problème des facteurs physico-chimiques responsables de la formation des colonettes reste mystérieux. Dans les toposéquences du 1er type, les colonettes paraissent surtout liées à certains types de matériaux et ceci quels que soient les remaniements subis par ces matériaux, la structure pouvant se reformer très vite après un remaniement important. Dans ce cas le rôle du sodium dans la différenciation des colonettes paraît nul.

L'ensemble des faits et conclusions que nous venons de résumer résulte principalement d'un travail détaillé sur le terrain, au niveau de la cartographie d'abord puis au niveau de quelques toposéquences. BOULET entreprend maintenant une nouvelle phase qui est celle de l'étude fine des caractères micromorphologiques, physiques, chimiques et minéralogiques des toposéquences. Par ailleurs une tournée en hivernage va lui permettre de se faire une première idée de la dynamique actuelle de ces toposéquences.

IV. - LES MIGRATIONS OBLIQUES DES ELEMENTS EN SOLUTION ET DES PRATIQUES FINES

1°) Dans les horizons lessivés profonds des toposéquences de BOULET, de KALOGA et de LEPRUN, on peut envisager, pour la migration des particules fines, soit des mouvements essentiellement verticaux, soit au contraire des mouvements essentiellement obliques. Ce problème a été discuté à plusieurs reprises, mais sans que nous ayons eu, cependant, les moyens de l'approfondir réellement. Pour BOULET, le fait qu'il y ait toujours, dans les toposéquences qu'il étudie, un horizon B sous l'horizon lessivé (ou du moins immédiatement à l'aval) serait une preuve qu'une partie au moins des migrations est verticale ou faiblement oblique : ce serait d'ailleurs là, la première phase du phénomène de lessivage-accumulation qui donne naissance à la chaîne de deuxième génération des toposéquences de deuxième type ; les migrations obliques ne prendraient de l'importance qu'une fois les horizons lessivés déjà bien développés. Pour KALOGA et LEPRUN, par contre, les migrations latérales seraient, dans les toposéquences cuirassées qu'ils étudient, prépondérantes dès le départ.

2°) Les toposéquences à termes amont lessivés et acides et termes aval riches en minéraux 2/1, et les toposéquences plus riches en minéraux 2/1 à l'aval qu'à l'amont, sont fréquents en Haute-Volta et au Togo. L'origine des minéraux 2/1 de l'aval, essentiellement montmorillonitiques, fut souvent discutée, en particulier pour ce qui est de l'importance à donner aux migrations obliques qui peuvent apporter de l'amont lessivé les ions nécessaires à la néoformation aval de la montmorillonite en milieu confiné. Pour les chercheurs travaillant en Haute-Volta, ces mécanismes auraient en fait un rôle limité par rapport aux néoformations qui peuvent se faire sur place, à l'aval en milieu moins bien drainé, à partir des roches et des matériaux d'altération qui, du fait de l'entaille du relief et d'une érosion toujours plus rapide qu'à l'amont, y sont plus riches en minéraux altérables. Dans ses toposéquences de 2ème type, BOULET retrouve cependant, comme dans les chaînes déjà décrites par BCCQUIER au Tchad, des horizons B dont les argiles montmorillonitiques seraient néoformées à partir des ions lessivés de l'amont (voir § III-2 ci-dessus).

3°) L'absence de l'accumulation aval du fer a été soulignée à plusieurs reprises, aussi bien en Haute-Volta qu'au Togo, les toposéquences dans lesquelles les horizons Bfe sont plus différenciés à l'amont qu'à l'aval étant même fréquentes. Il y a à cela deux significations possibles qui restent à vérifier :

- Les migrations obliques du fer au niveau des sols sont peu importantes dans ces régions. Les chercheurs travaillant au Togo et au Dahomey sont tentés par cette hypothèse.

- Il y a eu récemment reprise d'érosion à l'aval. C'est plutôt à cette hypothèse que pensent les chercheurs travaillant en Haute-Volta.

4°) Dans les toposéquences du premier type de BOULET, on constate que, dans les régions subarides, le calcaire apparaît souvent, sous forme de nodules, à la base des sols, immédiatement au-dessus de l'arène. Il n'y a pas cependant accumulation plus forte à l'aval qu'à l'amont ; et c'est même quelquefois le contraire que l'on observe, la présence du Bca paraissant directement liée à la richesse en calcium de la roche sous-jacente. En région plus humide, par contre, dans le Sud de la Haute-Volta, on constate fréquemment le développement vers

l'aval d'un horizon Bca, absent des sols de l'amont. De ces faits, BOULET conclut que, dans les régions sub-arides, les migrations obliques du calcium, dans la tranche pédologique, sont actuellement très faibles, sinon nulles : la décalcification des horizons supérieurs des sols y date de périodes plus humides ; le calcium actuellement libéré à la base des sols, par altération des minéraux, ne migre pratiquement pas et reste donc sur place sous la forme de nodules calcaires. En région plus humide, par contre, il y a actuellement, d'après BOULET, migration oblique du calcium et accumulation aval des carbonates.

Ces hypothèses ont été discutées par RUELLAN qui estime, au contraire, que dans les régions subarides de la Haute-Volta, le climat actuel est encore trop humide pour qu'il y ait, sur des roches non calcaires, relativement pauvres en calcium, possibilité d'accumulation de calcaire au niveau des sols. Le drainage vertical reste actuellement suffisant pour que le calcium échappe à la précipitation, sous forme de calcaire, au niveau des racines et par voie de conséquence échappe aussi à la migration oblique au niveau des sols. La précipitation, si elle a lieu, se fait alors plus profondément et uniquement là où la roche est plus riche en calcium ou bien là où, pour une raison quelconque, il y a ralentissement du drainage. RUELLAN estime que l'on doit distinguer, en région tropicale à saison sèche accentuée comme en région méditerranéenne, trois types de pédoclimats, dont les limites varient selon les roches (et en particulier selon leur richesse en calcium, les modalités de leur altération, la perméabilité de leur matériau d'altération) :

- un pédoclimat qui assure un drainage vertical profond du calcium libéré par l'altération ; il ne peut pas y avoir accumulation du calcaire dans les sols, sauf dans des zones aval particulièrement mal drainées où le calcium parvient après avoir migré, obliquement, mais profondément, essentiellement au niveau des nappes phréatiques ; ce pédoclimat est, sur les roches granitiques et migmatitiques de la Haute-Volta, celui des toposéquences du premier type présentes dans le Sud du pays ; d'une façon plus générale, ce pédoclimat est celui des milieux très pauvres en calcium, ou très perméables ou climatiquement humides ;

- un pédoclimat plus sec, mais qui assure encore, en moyenne, au niveau des sols, le drainage vertical du calcium ; le calcaire peut apparaître à la base des sols mais sous la forme d'une accumulation qui reste faible, qui peut varier d'une année sur l'autre, et qui dépend étroitement des caractères de la roche sous-jacente ; les accumulations aval de calcaire restent rares sauf, comme dans le cas précédent, dans des zones mal drainées ; ce pédoclimat est, sur les roches granitiques et migmatitiques de la Haute-Volta, celui des toposéquences du premier type présentes dans le Nord du pays ;

- un pédoclimat où le drainage vertical du calcium est faible : presque tout le calcium libéré par l'altération reste dans les sols, peut y migrer obliquement, s'y accumule en donnant naissance à des horizons Bca dont la puissance augmente vers l'aval ; ce pédoclimat est, pour les roches granitiques et migmatitiques, celui que l'on trouve dans les régions pré-sahariennes ; d'une façon plus générale, ce pédoclimat est celui des milieux calcaires, ou peu perméables, ou climatiquement très arides.

RUELLAN pense que cette hypothèse peut être généralisée à tous les ions capables de migrer en solution dans les sols, et ceci au Nord comme au Sud du Sahara. Bien entendu les limites des zones pédoclimatiques varient en fonction de la solubilité des ions, mais pour chaque ion l'hypothèse générale suivante doit pouvoir se vérifier : quand on va des zones arides vers les zones plus humides, le drainage vertical prend de plus en plus d'importance par rapport au drainage oblique ; il s'en suit que les accumulations

d'origine oblique, apparues dès que les ions concernés peuvent migrer en solution en quantité suffisante, sont de moins en moins importantes et finissent par disparaître là où le drainage vertical empêche toute accumulation des ions au niveau des sols ; les limites climatiques de l'apparition et de la disparition des accumulations d'origine oblique varient considérablement d'un ion à l'autre en fonction de sa solubilité, et, pour un même ion, en fonction des roches (abondance dans la roche de l'ion concerné, modalités de l'altération de la roche, perméabilité de la roche et de ses altérites).

A tout ceci, BOULET répond toutefois que :

- Les sols des toposéquences du premier type étant argileux, montmorillonitiques, compacts, ils constituent, au moins dans leurs horizons profonds, un milieu confinant en toute position topographique. Ce fait doit intervenir au même titre que le climat dans l'interprétation pédologique. En particulier, le fait que le calcaire migre dans des milieux très perméables tels que des arènes en zone présaharienne n'implique pas nécessairement qu'il migre dans des matériaux très compacts en zone sahélienne.

- Si l'on se réfère aux travaux des hydrogéologues, les précipitations n'alimentent plus les nappes dès l'isohyète 400 - 450 mm. Le drainage calculé sur sol nu (TURC) est également nul pour la même pluviométrie. Il est donc difficile d'admettre que le drainage vertical permet dans la zone sahélienne et sur sol compact une élimination importante du calcaire en profondeur.

Le développement prévu des études sur la dynamique actuelle des sols, des toposéquences et des bassins versant, devrait permettre prochainement d'y voir plus clair au sujet de l'ensemble de ces hypothèses concernant les migrations obliques des éléments en solution et des particules fines.

V.- L'ALLOCHTONIE ET LE REMANIEMENT DES MATERIAUX PEDOLOGIQUES

Il est classique au cours d'une tournée pédologique, de voir les discussions revenir fréquemment sur le sujet de l'allochtonie et du remaniement des matériaux pédologiques. Nous n'avons pas, au cours de cette mission, échappé à la tradition. Il est cependant important de souligner qu'il a été possible, cette fois-ci, d'aboutir à quelques conclusions recueillant l'accord de la grande majorité des participants.

Ces conclusions, qui concernent à la fois des faits et des interprétations, sont principalement les suivantes :

1°) Il est indubitable que le remaniement, c'est-à-dire le déplacement mécanique des matériaux dans toutes les directions, est un processus fondamental de la pédogenèse : tous les sols sont plus ou moins remaniés.

2°) On observe partout que de nombreux caractères pédologiques, et en particulier les caractères minéralogiques, varient étroitement en fonction des roches sous-jacentes. Ces variations concernent tous les horizons, jusqu'en surface, et ceci même dans les sols où les limites d'horizons sont très linéaires,

très brutales. Il semble donc que les migrations latérales de matériaux sont de peu d'importance par rapport aux remaniements verticaux : les sols sont remaniés, mais les matériaux allochtones sont en faibles proportions ; ceci est en particulier vrai pour les horizons meubles qui surmontent les "stone-lines" et pour ceux qui surmontent les cuirasses.

3°) Parmi les moteurs du remaniement, la vie, animale et végétale, est probablement de loin le plus important. En ce qui concerne le rôle fondamental qui revient à la faune dans ces remaniements, et en particulier dans la formation sur place des "stone-lines" et des horizons qui les surmontent, les travaux de LEVEQUE apportent de nombreux faits nouveaux.

4°) Les mécanismes de dissolution et de lessivage, décrits en particulier par BOULET et LEPRUN, (voir § II et III) sont également à l'origine de certaines formes de remaniement (démantèlement et désorganisation de certains horizons).

5°) L'évolution des glacis résulte essentiellement d'une érosion, d'une migration, superficielle discrète. Cette érosion est étroitement dépendante des sols sur lesquels elle agit et en particulier des matériaux ramenés en surface par les remaniements. La différenciation des sols est elle-même influencée par les modalités de cette érosion, et en particulier par sa vitesse.

VI.- LA PEDOGENESE ACTUELLE ET LES VARIATIONS CLIMATIQUES DU PASSE

Tout au cours de la tournée, deux hypothèses, concernant la pédogenèse actuelle et les variations climatiques du passé, se sont affrontées très souvent, pratiquement au cours de toutes les discussions :

- La première hypothèse considère que de nombreux mécanismes pédologiques sont actuellement très ralentis (voire même arrêtés) par rapport à ce qu'ils furent dans le passé : les principaux caractères pédologiques se seraient formés dans le passé, au cours de périodes climatiques, ante-quaternaires et quaternaires, plus humides. Cette hypothèse est surtout celle, et ceci est normal, de ceux qui travaillent dans les régions sahéliennes, où la discordance paraît évidente entre l'aridité du climat actuel et certaines formations pédologiques, telles par exemple les épais horizons d'altération kaolinique et les cuirasses ferrugineuses ; ils ont tendance à généraliser cette discordance d'une part à la plupart des caractères pédologiques, d'autre part à des zones plus humides : les choses sont cependant alors nettement moins évidentes.

- La deuxième hypothèse considère au contraire, qu'en dehors des zones très arides, l'évolution des sols se poursuit actuellement lentement, comme par le passé. Sans nier les variations climatiques du passé, qui ont pu accélérer ou ralentir certains mécanismes, cette hypothèse ne leur attribue pas un rôle fondamental. Ce point de vue est surtout celui de ceux qui travaillent dans les régions tropicales humides ; ils ont tendance à la généraliser vers le Nord.

De toutes les discussions concernant ces hypothèses, il faut en tous les cas retenir à quel point notre ignorance est grande au sujet de l'évolution actuelle des sols ; nous parlons des paléosols, nous parlons des variations climatiques du passé, mais nous ne savons pratiquement rien sur ce qui se passe aujourd'hui, sous nos yeux. Un effort énorme est à faire pour combler ce vide ; nous en avons tous pris conscience.

COMITE TECHNIQUE DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON

du

THEME B

Numéro 1

Juin 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

SOMMAIRE

Avant-Propos, par A. Ruellan	3
Le thème B, par A. Ruellan	7
Le thème B en Haute-Volta et au Togo. Etat d'avancement des recherches de R. Boulet, B. Kaloga, J.C. Leprun, A. Lévêque. Compte-rendu, par A. Ruellan	11
Programme d'étude typologique et gé- nétique de sols sableux, par M. Gavaud	25
Programme d'étude typologique et gé- nétique de deux types d'association de sols sur les granito-gneiss du bassin de la Bénoué, par P. Brabant	39
Cadre général des programmes de recherche entrepris au Dahomey, par D. Dubroeuq, P. Faure et M. Viennot...	51
Programme de recherche sur le compor- tement géochimique des composés du fer dans deux sols tropicaux dans la zone de passage du domaine kaolinique au domaine montmorillonitique, par C. Tobias	59

