KENYA BUNGOMA - WEBUYE Sugar Estate - Soil Survey

SOMMAIRE

Kenya

Survey of Kenya - Overview
Surveys & Photo
Soil Survey

S O M M A I R E :

-=-=-=-=-

I - INTRODUCTION

I - ORIGINE DE L'ETUDE

Une étude de "pré-faisabilité" réalisée en 1974 par "Bookers Agricultural and Technical Services" avait apporté une réponse favorable à l'installation d'un périmètre sucrier dans la région de BUNGOMA-WEBUYE.

A la suite de cette étude, une zone de 5000 hectares composée des meilleurs sols inventoriés avait été délimitée et proposée pour le "Nucleus Estate" du "N'Zoia Sugar Project". Autour de ce Nucleus Estate, environ 36.000 hectares de sols intéressants ont été délimités pour les "Out Growers".

La première tranche de 5.000 hectares a fait l'objet d'une étude détaillée réalisée par "Technisucre", de Février à Juin 1976 (cf. "N'Zoia Sugar Project"- Morpho-Pédological Survey - Nucleus Estate - Juillet 76).

Une étude de semi-détail a ensuite été réalisée, de Juillet 76 à Octobre 76, sur la zone dite des "Out Growers". Ce rapport rend compte des résultats obtenus durant cette deuxième période.

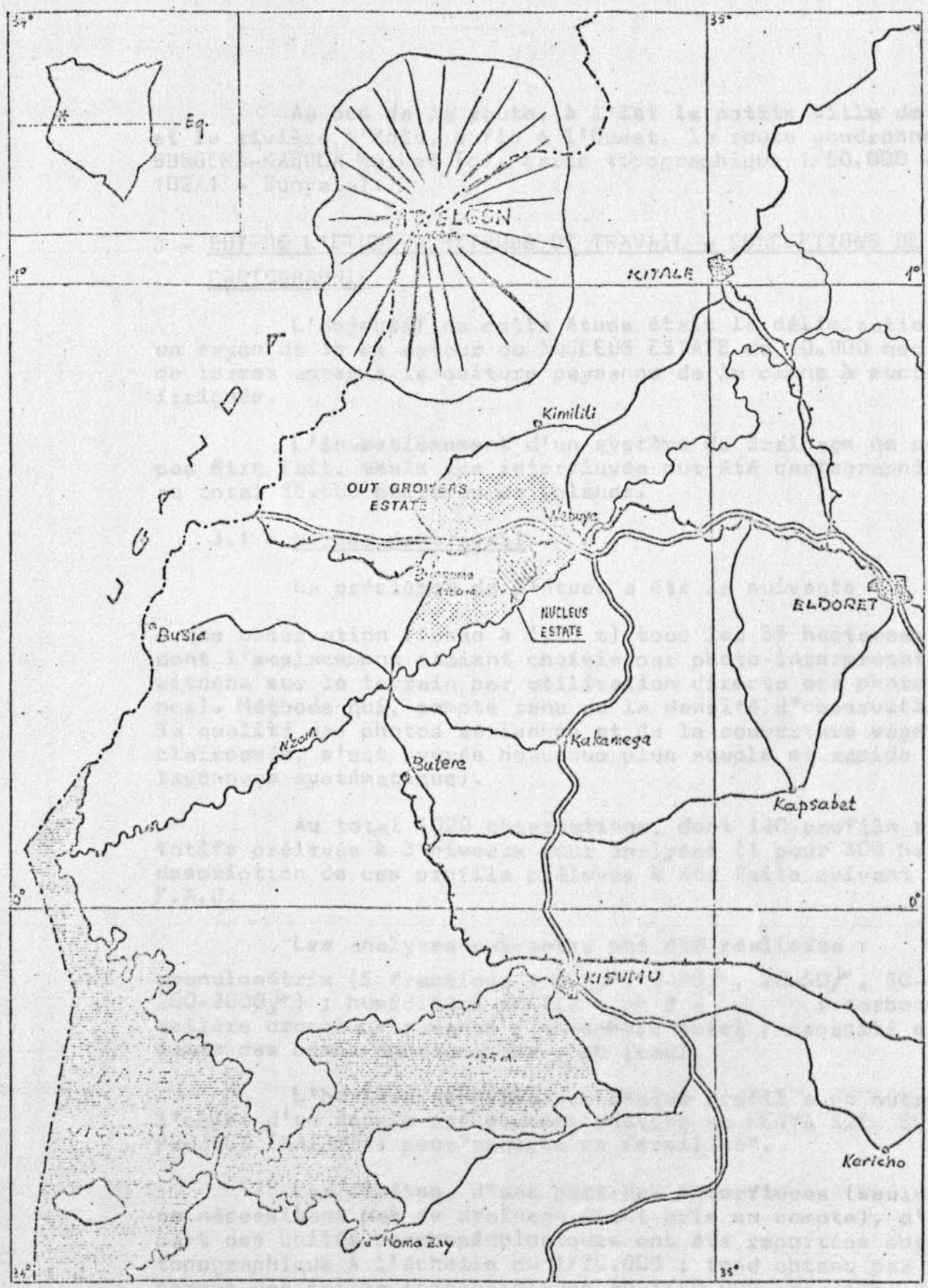
Nous allons être amenés à reprendre de nombreux points exposés dans le précédent rapport. Certains modifiés ou précisés à la lumière du complément d'information recueilli au cours de la deuxième prospection. Cette démarche peut paraître lourde mais s'impose néanmoins ; ces deux études, "Nucleus Estate" et "Out Growers" n'étant pas forcément destinées aux mêmes personnes.

2 - LOCALISATION DU PERIMETRE

Situé dans la "Western Province" (District de BUNGOMA), le périmètre étudié s'étend entre 0° 25' et 0°45' de latitude Nord, et entre 34°30' et 34°45' de longitude Est. (Voir croquis de situation).

Il est placé de part et d'autre de la route goudronnée BUNGOMA-WEBUYE.

Au Nord de la route les limites en sont : à l'Est la Rivière "KUYWA", à l'Ouest la piste BUNGOMA-CHWELE, au Nord une ligne joignant les écoles de WABUKHONYI, MATISI et BLANGENI (cf. carte topographique 1/50.000 - feuille 88/3 - Bungoma).



SITUATION MAP

1 : 1,000,000

Au Sud de la route, à l'Est la petite ville de WEBUYE et la rivière N'Zoia, enfin à l'Ouest, la route goudronnée BUNGOMA-KABULA Market (cf. carte topographique 1/50.000 - feuille 102/1 - Bunyala).

3 - BUT DE L'ETUDE - METHODE DE TRAVAIL - CONCEPTIONS DE CARTOGRAPHIE

L'objectif de cette étude était la délimitation dans un rayon de 15 km autour du NUCLEUS ESTATE de 10.000 hectares de terres aptes à la culture paysanne de la canne à sucre non irriguée.

L'investissement d'un système de drainage ne pouvant pas être fait, seuls les interfluves ont été cartographiés : au total 36.000 hectares de Uplands.

3.1 - Normes de travail

La précision de l'étude a été la suivante :

- une observation (fosse à 1,80 m) tous les 35 hectares. Fosses dont l'emplacement étaient choisis par photo-interprétation (et situées sur le terrain par utilisation directe des photos aériennes). Méthode qui, compte tenu de la densité d'observations, de la qualité des photos aériennes et de la couverture végétale très clairsemée, s'est avérée beaucoup plus souple et rapide qu'un layonnage systématique).

Au total 1020 observations, dont 120 profils représentatifs prélevés à 3 niveaux pour analyses (1 pour 300 ha). La description de ces profils prélevés à été faite suivant les norme F.A.O.

Les analyses suivantes ont été réalisées :

granulométrie (5 fractions : 0-2μ, 2-20μ, 20-50μ, 50-200μ, 200-2000μ) ; humidité à pF 4,2 - pF 3 - ; carbone - matière organique ; azote ; phosphore total ; capacité d'échange somme des bases échangeables ; pH (eau).

L'horizon supérieur de chaque profil a en outre fait l'objet d'un double prélèvement destiné au KENYA SOIL SURVEY PROJECT (NAIROBI) pour"analyse de fertilité".

Les limites, d'une part des interfluves (seuls les sols ne nécessitant pas de drainage étant pris en compte), d'autre part des unités morphopédologiques ont été reportées sur un fond topographique à l'échelle du 1/20.000 ; fond obtenu par agrandissement des cartes topographiques au 1/50.000, feuilles 88/3 BUNGOMA, 102/1 BUNYALA, 88/4 LUGARI.

3.2 - Conceptions de cartographie

De même que pour l'étude du "Nucleus Estate", nous avons essayé d'élargir le concept de la cartographie exclusivement pédologique. La prise en considération des différentes composantes du milieu (modelé, nature du matériau, régime hydrologique, milieu et processus de pédogénèse) permettant de définir des "unités morpho-pédologiques". Unités dont la "qualité" dérive de l'intégration des caractères du milieu.

Cette démarche, bien que délicate (en particulier du fait de la nécessité de pondérer les différents facteurs au sein d'une interaction), a permis de définir les contraintes majeures spécifiques à chaque unité. Qu'elles soient fixes, comme la profondeur d'une cuirasse, la texture du sol, ou sujettes à des variations de nature et d'intensité, tel la morphodynamique actuelle et potentielle, le régime hydrologique, les processus géochimiques de pédogénèse, l'activité biologique.

La définition des unités, compte tenu de la conception de cartographie, de l'étendu du périmètre et de la densité d'observations, a pu se faire par une approche géomorphologique qui fournit, en particulier, le cadre dans lequel s'insèrent les différentes composantes du milieu. Cette approche en facilite grandement la compréhension.

La légende de la carte donne les caractéristiques morpho-pédologiques des unités prises en compte. Des contraintes, retenues pour chaque unité, dérive un classement schématique des terrains en fonction de leur aptitude à la culture de la canne à sucre non irriguée en zone ne nécéssitant pas de drainage.

II - PRESENTATION GENERALE DE LA REGION

Le paysage de la région de BUNGOMA-WEBUYE se compose d'interfluves très cultivés, grossièrement allongés Nord-Sud, à larges convexités sommitales ; ces interfluves sont reliés au réseau hydrographique par des versants dont les pentes rectilignes ou légèrement convexes sont de l'ordre de 3 %. Les sommets d'interfluves sont à une altitude variant entre 1400 et 1500 mètres. Des "inselbergs" ou des amoncellements de gros blocs granitiques pointent de façon éparse, pour former les éléments essentiels du relief local.

L'ensemble est dominé au Nord par le Mont ELGON, énorme volcan d'âge tertiaire, de près de 4300 mètres d'altitude. A l'Est, le "Nandi Escarpment", ligne de faille orientée NW-SE, sur laquelle est située la ville de WEBUYE, domine la région de 100 à 300 mètres. Cet escarpement s'atténue progressivement vers le Nord.

Le substratum de la région est composé de roches anciennes (précambrien) essentiellement à base de granites, granodiorites, grès et schistes plus ou moins métamorphisés.

Le climat de la région de BUNGOMA est un climat équatorial d'altitude. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1300 à 1400 mm avec un maximum en Avril et Mai. Une grande saison sèche s'étend de Décembre à Mars (moyennes mesnuelles supérieures à 40 mm). Une petite saison sèche relative et aléatoire se situe en Juin et Juillet. La moyenne des températures maxima est de 29°7 de Février à Avril ; et la moyenne des minima est de 25°4 en Juillet. L'insolation est élevée (2789 heures par an) avec un maximum en Décembre (8,8 heures) et un minimum en Juillet (6,5 heures). L'évapotranspiration est également élevée (1689 mm) minima en Juin (100 mm) et Juillet (108 mm) et maxima en Mars (193 mm).

Ces conditions climatiques d'altitude impliquent un cycle de croissance pour la canne de 20 à 24 mois ; sans irrigation la canne peut souffrir de la sécheresse, sur certains sols de faible réserve en eau entre Décembre et Mars.

Comme dans tout l'Ouest du Kenya, l'occupation des terres est importante ; l'habitat, bien que très dense, reste dispersé. En effet, les concentrations de bâtiments visibles sont le plus souvent des marchés et non des lieux d'habitation.

Tous les versants sont cultivés, ainsi que les terrasses alluviales. La culture de base est le maïs, mais on observe également des champs de haricots, de mil, de sorgho, de manioc, de

tournesols ainsi que des petites plantations de bananiers, de café. Les zones à cuirasse ou fortement gravillonnaires sont moins cultivées et généralement laissées en jachère arbustive ; elles servent alors pour le pâturage et pour l'exploitation du bois (construction, charbon de bois ...).

Les zones mal drainées (glacis reliant les versants aux talwegs) sont très peu cultivés ; là aussi elles sont essentiellement utilisées comme pâturage (bovins, ovins).

III - GEOLOGIE

Le soubassement de la région est constitué par des roches précambriennes.

A.B. GIBSON (1954) y distinguait 4 grands ensembles, qui dans l'ordre chronologique, étaient les suivants :

- Le "Basement System", constitué des roches considérées autrefois comme les plus anciennes. Il était attribué au précambrien inférieur (Archéen). Il s'est avéré par la suite que ces formations étaient en fait plus récentes que celles des "Nyanzian and Kavirondian Systèms". L'appellation de "Basement complex" bien qu'ayant perdu sa signification originelle, a été conservée par habitude.

Il s'agit de roches métamorphiques : schistes métamorphiques, gneiss, migmatites ... Ces formations ont été traversées par des roches intrusives (granites et pegmatites).

Les formations du "Basement Systèm" sont localisées au Nord du "Nandi Escarpment" ; elles n'existent pas dans la région de BUNGOMA.

- Le "Nyanzian System" : formations volcaniques (rhyolites, tuffs) plus ou moins métamorphisées, que l'on observe en affleurements réduits et discontinus uniquement le long du "Nandi Escarpment", à l'Est du site étudié.

- Le "Kavirondian System" : formations sédimentaires légèrement métamorphisées : grès feldspathiques plus ou moins fins, schistes argileux. Ces roches s'observent en affleurement essentiellement le long de la rivière N'ZOIA. Dans la région qui nous intéresse, la carte géologique indique leur présence, essentiellement sur la rive gauche de la rivière KUYWA.

- Les formations intrusives postérieures

Les granites intrusifs "Post Kavirondian" forment la plus grosse partie du soubassement de la région de BUNGOMA. Ces roches intrusives appartiennent au "Kitosh batholith", et en forment la limite Nord.

Les principaux facies sont les suivants :

- granite à biotite et à hornblende, granodiorite, granito gneiss, roches basiques (hornblendite)

Ces roches sont généralement riches en minéraux noirs ferro-magnésiens et basiques ; cette richesse est due à des phénomènes d'échanges chimiques au sein des sédiments Kavirondian.

Des intrusions plus fines et plus localisées traversent les formations précédentes : granites porphyroïdes, pegmatites, aplites, microgranites, péridotites, dolérites. Il faut noter

la présence de filons de quartz de petite taille, mais extrêmement nombreux.

La limite entre les roches granitiques intrusives et les roches gréso-schisteuses du "Kavirondian Systèm", les deux formations qui nous intéressent dans la région de BUNGOMA, est très floue, compte tenu de la profonde altération ferrallitique de tous ces matériaux. Les affleurements ne s'observent que dans les lits des rivières où ils forment de petits seuils rocheux. Sur les interfluves, seuls affleurent les noyaux granitiques ayant résisté à l'altération : boules sans racines, dômes, amoncellement de blocs, inselbergs.

La composition granulométrique de la roche, en particulier la taille et la proportion des grains de quartz, semble avoir une importance sur la texture des sols situés au-dessus, et ceci malgré la profonde et intense altération ferrallitique du socle d'une part et le ramaniement biologique (termites) d'autre part.

La présence d'affleurements granito-gneissiques d'une certaine importance entraîne souvent celle de sols peu profonds à proximité (cuirasse ou carapace proche de la surface).

Il en est de même dans les parties en contre-bas du Nandi Escarpment où la zone d'altération est très proche de la surface (cuirasse formée par induration de cette zone d'altération sableuse en contact avec la roche saine).

Un certain nombre d'évènements volcaniques et tectoniques ainsi que des périodes d' aplanissement sont venus, après la fin du précambrien, affecter ou recouvrir les formations anciennes décrites précédemment (A.B. GIBSON) :

- c'est ainsi que le grand escarpement de faille passant par WEBUYE (Nandi Escarpment) se serait formé entre la fin du précambrien et le crétacé, avec un faible rejeu début pléistocène

- quatre phases d'aplanissement auraient raboté successivement le socle précambrien. Ces surfaces sont schématiquement les suivantes :

  - la surface crétacé (?) dont quelques lambeaux subsistent vers 2,300 mètres dans les "Nandi Highlands"
  - la surface "début tertiaire" ou surface de KITALE, située à une altitude voisine de 2,000 mètres
  - la surface "sub-miocène" aux alentours de 1,750 mètres
  - la surface "fin tertiaire" située vers 1500-1600 mètres d'altitude.

Les galets de quartz que l'on observe fréquemment au sein de la nappe de gravats, à la base de la couche de recouvrement rouge limoneuse, sur les interfluves, dans la région de BUNGOMA, semblent être caractéristiques de la surface fin tertiaire.

Cette surface dégradée tangente les interfluves largement convexes.

- L'édification du Mont Elgon (qui domine toute la région a une altitude de 4300 mètres) s'est produite fin tertiaire.

Il s'agit d'un énorme volcan bouclier d'environ 50 km de diamètre à la base. Les éruptions essentiellement explosives ont donné naissance à des produits hydrovolcaniques (blocs de toutes tailles et cendres, cimentés, en conglomérats et brèches); ces projections ont la composition de néphélinites.

IV - L'EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE PASSEE ET ACTUELLE

Le modelé de la région est caractérisé par une succession de croupes à sommets largement convexes, allongées grossièrement Nord-Sud, ne serait ce que jusqu'à la rivière N'Zoia au Sud-Est du périmètre. Ces interfluves se raccordent aux talwegs par l'intermédiaire d'un "glacis de raccordement" rectiligne à concave, dont la pente est de l'ordre de 2 à 3 %.

Bien que les aménagements futurs pour les "Out Growers" ne doivent porter que sur les sols bien drainés, il est nécessaire de ne pas dissocier "Up Lands" et "Low Lands" pour comprendre l'évolution géomorphologique, passée et actuelle de la région.

L'évolution passée, les héritages s'observent essentiellement sur les interfluves bien drainés, tandis que les phénomènes actuels sont visibles (à notre niveau de perception temporel et spatial) sur les "glacis de raccordement" hydromorphes.

Comme nous le verrons, le rôle du régime hydrologique a une part prépondérante dans cette évolution morphopédologique.

1 - LE MATERIAU DES VERSANTS

Une coupe dans le matériau d'interfluve, telle celle que l'on observe à SUDI-STATION (tranchée du chemin de fer), nous montre la succession suivante, de haut en bas :

- sur une épaisseur variable entre 0,50 et 4 mètres : matériau ocre-jaune à rouge sans taches, très homogène, de texture limono argilo sableuse ; consistance friable ; aucun élément grossier. Ce matériau repose directement (discontinuité) sur la nappe de gravats sous-jacente,

- une "nappe de gravat" : d'épaisseur variable (20 à 100 cm) et festonnée, composée d'éléments ferrugineux ; nodules, assez friables, blocs de cuirasse plus durs ; morceaux de quartz anguleux, quelques galets de quartz d'origine fluviatile.

La proportion de quartz et d'éléments ferrugineux est très variable: en certains endroits, il n'y a pratiquement que des débris de quartz alors qu'ailleurs on peut en voir très peu. La base de la nappe de gravats est cependant en général, plus riche en blocs de quartz que la partie supérieure.

Il arrive que la nappe de gravats soit cimentée en cuirasse.

- un matériau tacheté, argileux, souvent durci ou même carapacé à structure alvéolaire. Les alvéoles souvent allongées sont vides ou remplies de matériau meuble terreux, alors que les cloisons anastomosées sont durcies par des oxydes de fer. Ce matériau est traversé par de nombreux filons de quartz, non remaniés ; il est donc autochtone ; il s'agit d'une zone d'altération argileuse du socle granito-gneissique (plinthite). Ce matériau tacheté a gardé des traces d'hydromorphie ancienne ; il était autrefois imbibé par une nappe phréatique assurant la progression de l'altération. Puis la nappe étant descendue, il a évolué par induration.

L'épaisseur de cette plinthite est de l'ordre de 5 à 10 mètres.

- un matériau d'altération plus sableux, moins argilifié, de couleur rosâtre, où l'on reconnait encore la structure du granite et de nombreux minéraux (feldspaths kaolinisés farineux, paillette de mica) ; la consistance est meuble et en profondeur (vers 15 mètres), une nappe phréatique actuelle imbibe le matériau.

Le passage entre la plinthite plus ou moins indurée et l'altérite plus sableuse est graduel.

Cette coupe est très caractéristique des interfluves ; seuls varient en épaisseur la couche de "recouvrement" supérieur qui est fort intéressante du point de vue agronomique, et la "nappe de gravats" ondulée et festonnée. (Variations d'épaisseur que l'on peut voir dans une coupe située sur le bord de la route goudronnée BUNGOMA-WEBUYE, entre le marché de MATISI et le pont sur la rivière KUYWA).

Tant dans la coupe de SUDI-STATION que celle de MATISI, on peut s'interroger spécialement sur les faits suivants :

- l'homogénéité parfaite de la couche de "recouvrement", dépourvue du moindre élément grossier,

- le passage très brutal de ce matériau à la nappe de gravats inférieure,

- la présence de quelques galets de quartz d'origine fluviatile dans la nappe de gravats, mélangés aux débris de plinthite indurée et à des quartz anguleux provenant des filons disloqués. Ces galets de quartz sont peu abondants, mais présents à n'importe quel niveau de l'interfluve aussi bien au sommet que sur les versants.

2 - L'EVOLUTION MORPHO-PEDOLOGIQUE DES INTERFLUVES AU COURS DU QUATERNAIRE - HYPOTHESES

Ces galets, et leur répartition en nappe, sont les témoins d'une phase climatique beaucoup plus contrastée qu'actuellement, permettant un important transport solide des rivières. Leur présence confirme l'existence d'une surface originelle, à larges épandages fluviatiles, faisant penser à des cônes de piémont (peut être en provenance du Nandi Escarpment).

Cette surface pourrait alors être la 4ème surface d'aplanissement ou surface "fin tertiaire", proposée par A.B. GIBSON, par rapport à laquelle les sommets d'interfluves actuels seraient tangents ou surbaissés par suite d'une évolution postérieure. Cette évolution peut s'imaginer de la façon suivante :

A la suite des conditions morpho-climatiques à morphogénèse active, qui ont présidé au façonnement de la surface, de nouvelles conditions de milieu plus uniformément humides et à bon couvert forestier se sont instaurées ; pendant cette période, la pédogénèse ferrallitique intense et la stabilité du milieu ont permis une altération profonde du socle granito-gneissique.

Puis, de nouvelles modifications dans les conditions de stabilité du milieu (climat plus contrasté, ou abaissement du niveau de bas, ou les deux à la fois) ont provoqué la dégradation de la surface originelle : entaille par le réseau hydrographique, façonnement de versants ; la rabattement corrélatif de la nappe phréatique a induit l'induration progressive de l'altérite (plinthite) qui n'était plus imbibée par cette nappe. Cette évolution a entrainé un remaniement superficiel du sol avec une tendance à "l'inversion des matériaux" par érosion régressive : les éléments grossiers, blocs de cuirasse, graviers et nodules de plinthite, blocs de quartz (filons), galets de quartz, ne subissent qu'un faible transport ou même restent sur place en se concentrant, alors que la zone d'altération encore meuble sous-jacente, subit un léger transport colluvial et vient recouvrir ainsi la nappe de gravats.

Une telle dynamique n'est cependant pas envisageable dans la perfection, et quelques éléments grossiers devraient nécessairement subsister dans la "couche de recouvrement" ; de même la nappe de gravats devrait être englobée dans une matrice terreuse assez importante. Or on ne constate que ce n'est pas le cas ; de plus ces deux matériaux sont parfaitement séparés par une franche discontinuité.

Pour expliquer ces faits, nous pensons que le rôle des termites est indéniable. Ces animaux ont actuellement une activité considérable, aussi bien au-dessus de la surface qu'en profondeur ; ils édifient des monticules de 2 à 4 mètres de haut (1 par ha en moyenne) pouvant atteindre 30 mètres à la base ; .

mais entre ces grosses termitières actuelles, "à maturité", existent des vestiges d'anciens édifices à divers stades de dégradation, ou des termitières embryonnaires, de sorte que la surface de l'interfluve a été complètement remaniée.

Il est très difficile de préciser depuis quand dure cette activité biologique. Les termites développent leur activité maximale dans un matériau meuble, à granulométrie équilibrée, frais en permanence, mais non soumis à engorgement.

Les altérites ferrallitiques à nappe phréatique profonde, sous un climat suffisamment humide (sans saison trop sèche marquée) constituent le milieu le plus favorable ; c'est celui qui règne dans la partie occidentale du KENYA.

Même sans connaître l'ancienneté de cette activité biologique (qui doit se chiffrer en milliers d'années), celle ci se poursuit actuellement d'une façon si spectaculaire qu'on est obligé de prendre en compte les termites pour expliquer l'élaboration de la "couche de recouvrement".

Les termites ont parachevé l'action de la morphogénèse décrite précedemment, qui aboutissait à l'inversion grossière des matériaux. Ces animaux ont remonté en surface les particules fines constituant la matrice de la nappe de gravats ; les éléments grossiers qui pouvaient subsister dans la couche de recouvrement sont peu à peu descendus pour rejoindre la nappe de gravats ; il y a eu ainsi une concentration progressive de celle-ci en éléments grossiers, et une homogénéisation de la couche de recouvrement ; la limite entre les deux matériaux a pu ainsi devenir très tranchée.

Du fait de l'activité prépondérante, mais très irrégulière des termites, la répartition des matériaux sur les interfluves, en particulier leur épaisseur, n'obéit pas à des lois prévisibles. La profondeur de la nappe de gravats (recimentée ou non en cuirasse), ou de la plinthite plus ou moins indurée est difficilement cartographiable avec précision, seules pouvant être prises en compte des probabilités de profondeur et d'induration. Il semble cependant que les indurations soient généralement plus proches de la surface, en sommet d'interfluve. Lors de la dégradation de la surface initiale (fin tertiaire), le processus d'érosion regressive aboutissant à une "inversion" grossière des matériaux a été sans doute moins intense et moins net en remontant vers la ligne de partage des eaux. Le recouvrement d'origine morphogénétique y était donc au départ, moins épais. De plus l'induration de la plinthite s'est produite préférentiellement en sommet d'interfluve, là où la nappe phréatique a été rabattue le plus rapidement. Par la suite, les termites ont donc eu moins de matériau meuble à remanier et leur activité a été moindre.

Il semble d'autre part que les sols situés en amont des vallons, sur les interfluves, soient le plus souvent profonds. Soit que l'absence de cuirasse ou de carapace ait facilité le recul des vallons, soit au contraire que le phénomène de recul n'ait pas permis l'induration progressive de matériaux précédemment hydromorphes. Il serait peut-être plus juste d'envisager la combinaison de ces deux possibilités et des rétroactions positives entre elles.

Enfin, il ressort très nettement que la présence d'affleurements importants granitiques ou gneissiques, entraine celle de sols peu profonds à proximité et autour d'eux. L'aspect feuilleté ou lité des cuirasses et carapaces présentes à ces endroits amène à penser qu'elles proviennent d'altérites meubles, hydromorphes, placées au contact des affleurements et qui lors de la phase d'entaille se sont indurées.

Malgré ces quelques observations, il ne semble malheureusement pas possible de dégager une loi de répartition.

3 - ROLE DES PROCESSUS GEOCHIMIQUES ACTUELS DANS LE FACONNEMENT DU PAYSAGE

Les interfluves passent la plupart du temps brutalement, en bas de pente, à un "glacis de raccordement" rectiligne à concave (pente de 1 à 4 %), les reliant au bas-fond proprement dit plus ou moins large et inondable, ou directement au cours d'eau.

Ce glacis est généralement peu cultivé; on y trouve une prairie assez rase, sans arbres, utilisée comme pâturage ; les grandes termitières y ont pratiquement disparu. Par contre, elles sont extrêmement nombreuses et rapprochées au départ du glacis ; cette ligne de termitières, facilement observable sur les photos aériennes, souligne très nettement la limite avec les versants d'interfluves bien drainés.

Bien que ce milieu ne fasse pas partie des zones prévues pour les "Out Growers", il est intéressant d'en examiner la dynamique qui, comme nous allons le voir, ne peut être dissociée de celle affectant les interfluves.

3.1 - Toposéquence sur le glacis de raccordement et le bas-fond (ou la plaine)

• dans la partie supérieure du "glacis de raccordement" :

les sols, de couleur claire, sont très lessivés sur une épaisseur de l'ordre de 60-120 cm, riches en sables grossiers ; en profondeur on passe progressivement (sans discontinuité marquée) à une argile tachetée, très hydromorphe, kaolinique. Ce matériau est en cours d'appauvrissement sous l'effet d'un lavage par la

nappe phréatique, qui conduit à une dégradation progressive des argiles et leurs élimination vers l'aval du glacis.

La nappe phréatique qui, sur les interfluves se situe dans la zone d'altération sableuse profonde (vers 15-20 mètres de profondeur) affleure sur le glacis de raccordement, plus particulièrement en tête, où se situe une ligne de sources dont beaucoup sont pérennes. Cette ligne de sources correspond au point d'inflexion marquant le passage entre la convexité (plus ou moins nette) de la base du versant d'interfluve et la concavité du "glacis de raccordement". Les zones de suintement permanent formant des cônes d'épandage montrent des sols ayant un horizon superficiel organique de type "hydromor".

• à l'aval dans la deuxième moitié du glacis de raccordement

La pente diminue (1-2 %) ; les sols montrent une différenciation nette ; la partie supérieure toujours sableuse, de 40 à 70 cm d'épaisseur repose sur un plancher argileux par l'intermédiaire d'une discontinuité d'autant plus nette que l'on va vers le bas du glacis (caractère planique très marqué). Le niveau argileux présente des caractères vertiques qui s'accentuent également fortement vers l'aval. Il y a un enrichissement très net en argiles gonflantes du type montmorillonite.

• dans le bas-fond ou la plaine inondable, pratiquement plat (pente inférieure à 1 %), situés (lorsqu'ils existent) en prolongement aval du "glacis de raccordement", les argiles gonflantes envahissent la quasi-totalité du matériau. Seul subsiste un horizon superficiel de 20 à 40 cm, de texture limoneuse, qui semble être une relique de l'horizon lessivé, observable sur le "glacis de raccordement".

3.2 - L'évolution morpho-pédologique actuelle

Les matériaux observables dans la toposéquence présentée plus haut vont nous permettre d'esquisser cette évolution actuelle qui se fait "aux dépends" des formations de versant d'interfluve.

La nappe phréatique, qui est proche de la surface ou même en affleurement au-dessous de la ligne de termitières, dégrade les argiles kaoliniques de la couche de recouvrement (matériau ocre-rouge des versants d'interfluve) ; les produits de dégradation sont évacués vers le bas ; seul subsiste le squelette sableux du matériau. Le front de dégradation progresse dans le profil de haut en bas. La partie supérieure du glacis est donc un milieu géochimique de départ, de soutirage de matériaux. Ce soutirage progresse vers l'amont ; les versants fondent progressivement sous l'action d'un véritable aplanissement géochimique.

Au fur et à mesure que les versants reculent au profit du glacis, les termitières qui étaient présentes sont

abandonnées ; les termites, qui supportent mal l'engorgement reconstituent leurs édifices plus haut. Les termitières sont ainsi repoussées en tête du "glacis de raccordement", ce qui expliquerait leur impressionnante concentration en forme de chapelet, à cet endroit.

Nous ne dirons que quelques mots de l'évolution morpho-pédologique s'exerçant sur la base du "glacis de raccordement", la plaine ou le bas-fond. Ceux-ci, quasiment plats, constituent un milieu géochimique d'accumulation. Les produits de dégradation des argiles kaoliniques de l'amont se recombinent au sein d'un milieu d'accueil confiné, favorable à la génèse de montmorillonite. Ces argiles gonflantes de néosynthèse, après avoir envahi les parties basses qui se compactent et se saturent remontent progressivement vers l'amont.

Le "glacis de raccordement" est ainsi un milieu mixte où les caractères vertiques ne sont pas encore très nets mais qui est cependant envahi peu à peu du fait du blocage à l'aval.

En conclusion, le façonnement actuel du modelé se manifeste essentiellement par une régression progressive des versants d'interfluve, sous l'action d'un soutirage par la nappe phréatique ; le versant recule au profit du "glacis de raccordement", véritable laboratoire géochimique. Ce glacis s'étend peu à peu pour devenir par endroits très large. Il évolue alors vers une véritable plaine à matériau argileux, très imperméable, à caractère fortement vertique, engorgé et le plus souvent inondable en saison des pluies. C'est le cas de la "plaine" bordant la rive droite de la rivière KUYWA sur le site du "Nucleus Estate".

4 - LES FORMATIONS ALLUVIALES

Nous nous limiterons ici à celles d'âge récent, les formations plus anciennes n'étant décelables que par un matériau témoin (galets de quartz) au sein de formes non alluviales (cf. description de la coupe de "Sudi-Station").

Seuls les principaux axes hydrographiques sont bordés de dépôts alluviaux. Les petits cours d'eau entaillent directement le glacis de raccordement, y faisant apparaitre souvent des affleurements rocheux. Ces dépôts sont essentiellement localisés en bordure des rivières CHWELE, KUYWA et N'ZOIA ; plus particulièrement le long des deux premières.

La N'Zoia malgré son importance, ne semble pas présenter de dépôts alluviaux étendus sur sa rive droite, ceux-ci ayant peut-être disparu à la suite de mouvements tectoniques localisés.

Ces formations alluviales dominent généralement le lit des rivières par un talus de berge vertical de 2 à 4 mètres. Elles sont discontinues ; leur maximum de développement se présente là où la "plaine inondable" est large comme le long de la KUYWA sur le NUCLEUS ESTATE, ou encore toujours sur cette même rivière, au Nord-Est de MATISI-MARKET.

Des lambeaux relativement importants de la terrasse subsistent également à la confluence CHWELE-N'ZOIA, à l'extrême Sud du périmètre.

Cette terrasse est emboitée dans la plaine inondable à argiles vertiques ou la base du glacis de raccordement ; un talus plus ou moins net, d'une dénivellation de 2 à 3 mètres et entaillé dans les argiles, domine la terrasse.

Le matériau constitutif débute par un niveau de "graviers sous-berges" contenant des débris ferrugineux et quelques cailloutis quartzeux roulés, le tout plus ou moins consolidé par un ciment ferrugineux. Ce niveau grossier forme quelquefois des petits seuils dans le lit des rivières. Il repose directement sur la zone d'altération du socle.

Ces "graviers sous berge" semblent correspondre à la phase initiale d'entaille par le cours d'eau (compétence élevée) sous un climat vraisemblablement très érosif. Au-dessus nous trouvons un matériau à dominante argilo-limoneuse, brun rougeâtre, bien drainant mais présentant à partir de 120/130 cm de profondeur des concrétions ferro-manganésifères noirâtres témoins d'un engorgement temporaire plus ou moins actuel,

Sans pouvoir en préciser l'âge exact, par sa fraîcheur et la faible évolution pédologique du matériau, cette terrasse nous semble d'âge récent.

5 - LA MORPHO-DYNAMIQUE ACTUELLE DE SURFACE

Discrète, elle ne semble jouer qu'un rôle de retouche dans le façonnement actuel du modelé qui, comme nous l'avons vu est surtout de nature géochimique.

5.1 - Sur les interfluves : On observe un ruissellement en nappe peu intense mais généralisé. La richesse en limons et pseudo-sables du matériau ainsi que sa faible structuration facilitent la battance superficielle du sol.

A la suite de fortes pluies, il a été observé, lors de la mise en culture des premiers blocs sur la pépinière du NUCLEUS ESTATE, de nombreux "mini cônes de déjection" à l'aval

des parcelles.

La surface du sol présentait une battance marquée ainsi que quelques rigoles, lieu de concentration des eaux de ruissellement.

De même les chemins canalisant les eaux de pluie, montrent de nombreux "bancs" de sables ou de limons.

Sans pouvoir parler d'un transport sur de longues distances, le processus de redistribution locale des matériaux est relativement intense.

Les termitières jouent, dans ce phénomène de "décapage-redistribution", un rôle privilégié.

En effet par leur taille et densité elles engendrent un mésorelief collinaire (Les termitières de plus de 2 m de haut occupent environ 10 % de la surface totale).

Leur couvert végétal est le plus souvent très clair, leurs pentes fortes ; elle sont donc très sensibles au décapage sur leur périphérie mais se régénèrent au fur et à mesure par adjonction de particules prélevées dans le sous-sol. Les dômes en cours de dégradation libèrent un matériau argilo-limoneux très sensible à l'action des pluies lorsque la cohésion des particules par les sécrétions des termites a disparu.

On assiste donc à un épandage à la surface du sol, des éléments fins remontés par les termites.

Mais là encore, plus qu'un départ généralisé vers le bas de pente, on aboutit à une redistribution des matériaux.

Sur les bas de versant d'interfluve, à l'amont de la ligne de termitières marquant le passage au "glacis de raccordement", les pentes sont généralement plus fortes (3-4 %) et les sols en début de lessivage. Leur texture plus sableuse les rend spécialement sensibles à l'érosion en nappe ; les phénomènes de décapage y sont effectivement plus fréquents que sur les hauts de versant.

5.2 - Sur le "glacis de raccordement" lorsqu'il n'est pas cultivé, ce qui est le cas très souvent, le glacis constitue un milieu "pénestable" du fait d'une couverture herbacée dense. Mais lors de mise en culture (surtout les cultures annuelles) l'équilibre est rompu. Le matériau à texture sableuse des horizons supérieures est très fragile et subit rapidement un décapage.

Des foirages ponctuels affectent parfois le sommet du "glacis de raccordement", à proximité de la ligne de source. Ces décrochements ou ravinements sont provoqués par la suffosion du matériau engorgé par la nappe phréatique sub-affleurante, amplifiée par le piétinement des bestiaux ; en effet, les suintements de sources servent généralement d'abreuvoirs aux bovins.

Enfin signalons de fréquentes manifestations de morphodynamique concentrée sur le talus situé à la base du "glacis de raccordement ou de la plaine inondable, entaillé dans les argiles gonflantes, et qui surplombe la terrasse alluviale subactuelle. C'est une zone préférentielle de convergence des eaux de ruissellement de la plaine inondable ou du "glacis de raccordement".

Les petites ravines qui se forment sur le talus reculent par érosion régressive et il se produit des éboulements en masse qui sont éliminés par la rivière.

V - LES DIFFERENTS TYPES DE MILIEU ET LEURS CONTRAINTES

Un certain nombre de types de milieux se dégagent naturellement dans le paysage. Ces unités appelées morpho-pédologiques sont définies par un ensemble de caractères et de processus spécifiques à fortes interactions réciproques, en particulier :

- le modelé, la position dans le paysage, la morpho-dynamique
- la nature du matériau
- le régime hydrologique
- les processus de pédogénèse.

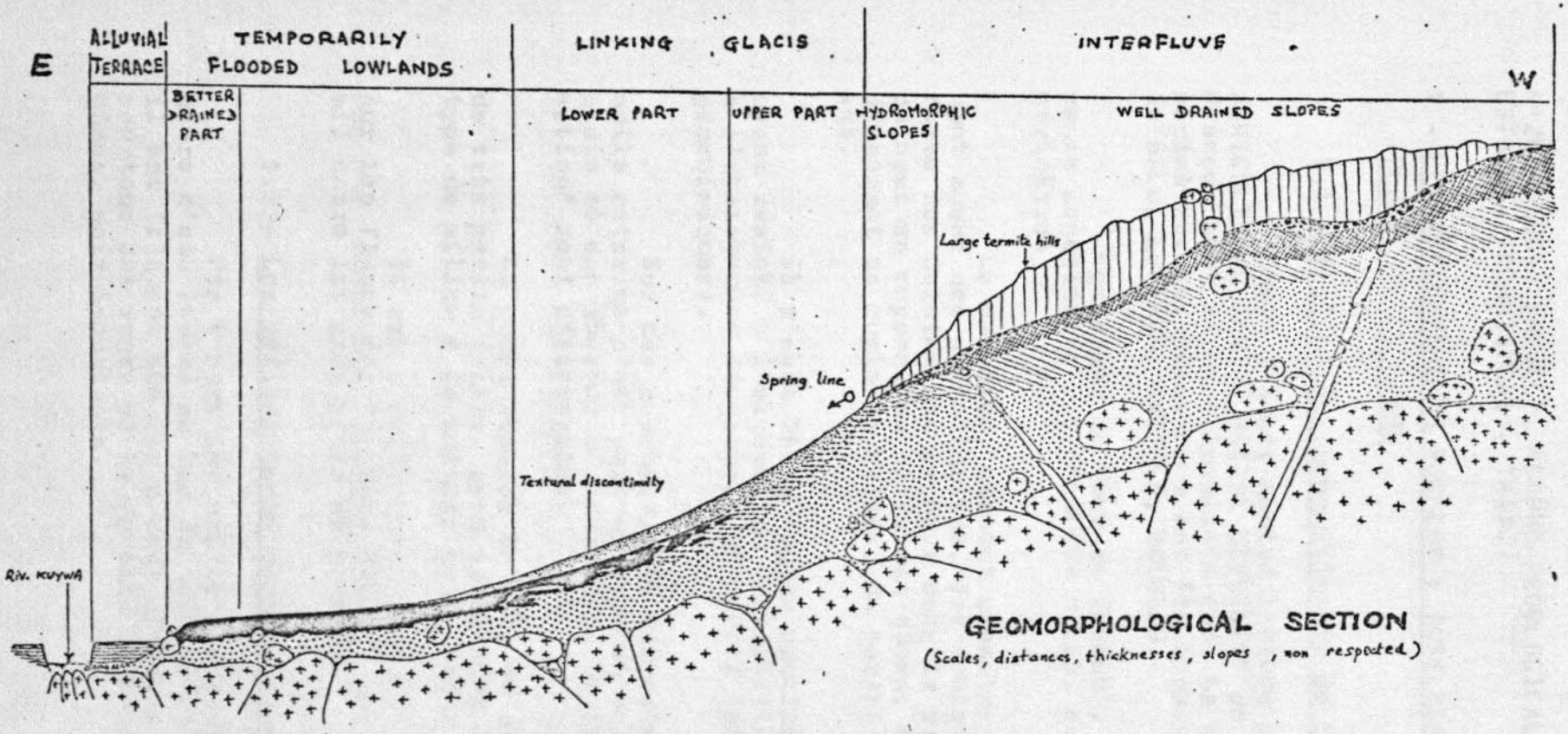
Il ne s'agit donc pas d'unités pédologiques pures, ce qui offrirait assez peu d'intérêts, mais d'unités synthétiques naturelles fort bien individualisées. Les différentes composantes qui caractérisent ces unités, peuvent être sources de contraintes pour la culture de la canne à sucre.

En partant des points hauts, vers les axes principaux de drainage, 5 unités morphopédologiques majeures se dégagent :

- les affleurements rocheux (inselberg, dôme, chaos de blocs, blocs épars)
- les versants d'interfluves bien drainés
- les bas de versants d'interfluves légèrement hydromorphes
- le glacis de raccordement
- la plaine argileuse inondable
- la terrasse alluviale.

Ces unités ont déjà été définies dans le chapitre précédent concernant l'aperçu géomorphologique d'ensemble.

Nous allons reprendre en détail et analyser celles prospectées pour l'implantation des blocs "OUT GROWERS". En éliminant le "glacis de raccordement" et la plaine argileuse inondable. Ces deux types de milieu ont d'ailleurs fait l'objet d'une étude détaillée présentée dans le rapport de Juillet 1976 :



GEOMORPHOLOGICAL SECTION

(Scales, distances, thicknesses, slopes, non respected)

- Reddish homogeneous loamy COVERING MATERIAL (termite activity). 0 to 4 meters depth.
- Wavy irregular, more or less consolidated GRAVEL SHEET (ferruginous nodules, quartz gravels, some quartz pebbles).
- INDURATED PLINTHITE (autochtone). Alveolar structure.
- NON INDURATED CLAYEY PLINTHITE (Mottled clay) Waterlogged by ground-water during rainy season.
- COARSE TEXTURED LAYER : clay degradation and leaching, drawoff, due to fluctuation of watertable and hypodermic runoff.
- HYDROMORPHIC MOTTLED CLAY Waterlogged by water during rainy season
- MONTMORILLONITIC CLAY : neosynthesis, headward accumulation. Strong vertic characters.
- Friable, silty, MICACEOUS ALTERATION PRODUCTS. Presence of permanent ground water.
- ALLUVIAL DEPOSIT . 1 to 4 meters depth Brown-reddish color. Loamy-clayey texture.
- Discontinuous "BASEL GRAVELS"
- UNALTERED GRANITO-GNEISS Substratum or residual isolated blocks.
- QUARTZ VEIN

N'ZOIA SUGAR PROJECT, MORPHO-PEDOLOGICAL SURVEY - NUCLEUS ESTATE - TECHNISUCRE - IRAT.

1 - LES AFFLEUREMENTS ROCHEUX : INSELBERG, DOMES, CHAOS DE BLOCS, BLOCS EPARS

1.1 - Inselbergs, amoncellement de blocs de grande taille

Comme l'avait montré l'étude réalisée par "BOOKERS AGRICULTURAL AND TECHNICAL SERVICES" en 1974, ces affleurements étendus sont surtout localisés dans la partie Sud-Ouest du périmètre. Les principaux ont été observés aux alentours de SANGALO, LUTUNGU, MWIBALE, BULONDO.

Egalement au Nord de BUNGOMA, d'importants affleurements constituent les CHEBUKWA HILLS, en bordure Ouest du périmètre.

Le matériau, surtout granito-gneissique mais comprenant aussi des granodiorites, des schistes métamorphiques, forme des pointements rocheux dans la paysage (de 50 à 100 m de haut en moyenne) ou alors des dômes, des "dos de baleine" dépassant de quelques mètres, ou parfois moins, la surface du sol.

Il s'agit là de noyaux granito-gneissiques résiduels ayant résisté à l'altération ferrallitique et mis à jour suite à l'abaissement progressif du modelé (processus mécaniques et géochimiques).

Sur ces ensembles, la couverture végétale pratiquement nulle entraine d'une part un ruissellement total des eaux de pluie et une absence d'altération. Seuls des processus de "desquamation" sont discernables.

La quasi absence de sol, ou alors sous forme d'unités de très petite taille, rend totalement nulle l'aptitude de ce type de milieu à la culture de la canne à sucre.

Il est à noter qu'en certains endroits, par exemple sur les flancs des "SANGALO HILLS", les paysans cultivent du mil entre les gros blocs de granite.

1.2 - Les affleurements rocheux épars

Mis à part les seuils observables dans le lit des cours d'eau (KUYWA au Sud du NUCLEUS ESTATE, N'ZOIA par exemple) il est fréquent que les grands affleurements présentent à leur pourtour des zones où la densité de petits blocs, boules ou dômes, soit importante.

Le plus souvent au ras du sol, ces résidus de roche saine sont englobés dans un matériau d'altération plus ou moins induré et renfermant de nombreux éléments grossiers de la taille des graviers et cailloux (surtout des quartz anguleux).

Contrairement à ce qu'il s'est passé pour les inselbergs, ces blocs ont été très peu dégagés de leur gangue d'altérite. Celle-ci, précédemment hydromorphe, a subit une indûration au moins partielle, au fur et à mesure de l'abaissement du réseau hydrographique.

On trouve ainsi, entre les blocs, des sols peu profonds présentant une plinthite indurée ou un nappe de gravats à moins de un mètre de profondeur.

Ces zones, où les eaux de pluie percolent bien, sont le siège d'une altération ferrallitique en profondeur, dans la zone de circulation de nappe.

Dans le matériau proche de la surface deux dynamiques, parfois en conflit, sont discernables.

- une induration progressive de l'altérite argileuse tachetée anciennement hydromorphe ou de la nappe de gravat
- un remaniement, un brassage des éléments fins de surface par des processus biologiques : racines, termites, petits animaux.

Des sols peu profonds (moins de un mètre, petric et petroferric ferralsols de la classification F.A.O.), assez sableux, une faible réserve hydrique, une forte hétérogénéité une densité importante de petits affleurements (difficulté de mécanisation) confèrent à ce type de milieu une aptitude très médiocre à la culture de la canne à sucre non irriguée.

Il est à noter également une susceptibilité au décapage superficiel lors de fortes pluies.

2 - LES VERSANTS D'INTERFLUVES BIEN DRAINES

2.1 - Modelé - Position topographique

Les interfluves sont le plus souvent allongés Nord-Sud sauf à l'Est et au Sud du périmètre où ils s'incurvent vers l'Ouest, conséquence probable des retouches tectoniques ayant affecté la région. Phénomène qui se retrouve au niveau du réseau hydrographique ; régulier et grossièrement Nord-Sud au Nord de la route BUNGOMA-WEBUYE, il se diversifie, se complique dans la moitié Sud du périmètre. Ce qui confère aux interfluves dans cette zone des formes plus disséquées.

Ces "UP LANDS" présentent un modelé surbaissé à sommets grossièrement convexes, sauf bien sûr dans les zones d'affleurements rocheux importants.

Leur largeur moyenne est de l'ordre de 2 km ; la dénivellation entre la ligne de crête et les rivières principales varie de 50 à 80 mètres.

Ces interfluves sont séparés soit par de larges zones hydromorphes, comme c'est le cas sur le "NUCLEUS ESTATE" par exemple, soit au contraire par d'étroits vallons lorsque l'unité "plaine inondable" n'existe pas. Ce qui arrive fréquemment au Sud du périmètre dans la zone de "SIDIKHO SCHOOL".

Dans les deux cas la limite inférieure des versants d'interfluve est matérialisée par un grand nombre de termitières disposées en chapelet au sommet du "glacis de raccordement" (Ligne de termitières très nette sur les photos aériennes).

Les pentes longitudinales sur les lignes de crête sont généralement faibles (0 à 2 %) ; les versants rectilignes ou légèrement convexes sont plus pentus (de 2 à 4 %), sauf encore une fois, en bordure d'inselbergs où les versants peuvent se redresser pour atteindre des pentes de 20 à 30 %.

La topographie de détail des interfluves peut parfois être accidentée, du fait des termitières. En effet celles-ci, souvent de grande taille (en moyenne 2 m de haut et une vingtaine de mètres de diamètre) occupent une superficie importante. La densité moyenne de grosses termitières est de l'ordre d'1 par hectare. Mais entre celles-ci se trouvent des édifices plus petits, soit plus récents soit en cours de dégradation.

Ce mésorelief assez tourmenté peut gêner la préparation du terrain sur les blocs retenus.

Enfin, notons que les interfluves sont très cultivés et ne présentent à peu près pas de couverture forestière, exception faite des petites plantations familiales d'eucalyptus.

2.2 - Nature du matériau

Quatre sous-unités ont été définies au sein des interfluves bien drainés ; subdivision basée sur la profondeur de sol exploitable par les racines.

Néanmoins, nous allons décrire globalement les matériaux constitutifs de ces 4 sous-unités ; les épaisseurs seules pouvant varier. Rappelons que les différents matériaux ont été étudiés précédemment dans l'aperçu géomorphologique d'ensemble.

On observe de haut en bas :

. un matériau rouge, ocre-rouge ou ocre-jaune, homogène, friable, de texture limoneuse à limono-argileuse. Le plus souvent sans éléments grossiers. Il peut néanmoins renfermer quelques petites concentrations de gravillons ferrugineux comme c'est le cas dans une coupe située sur le site de l'usine à "NANDOLIA MARKET". Mais ceci reste une exception.

Bien filtrant, mais frais en permanence (même en fin de saison sèche) à partir de un mètre de profondeur, ce matériau constitue un milieu très favorable à l'activité des termites.

Comme nous l'avons exposé précédemment, il s'agit vraisemblablement d'un matériau de recouvrement ; les processus de mise en place sont en partie mécaniques (apport colluvial ayant subi un faible transport) et en partie biologiques du fait de l'intense activité des termites. Ceux-ci ont homogénéisé le dépôt et provoqué la concentration des éléments grossiers à la base. Il semble peu valable de dissocier totalement la couche de recouvrement fine des éléments grossiers sous-jacents ; il pourrait y avoir eu ségrégation au sein d'un matériau originel. (Les rares gravillons visibles dans la partie supérieure tendent à le montrer, en effet leur formation dans la couche de recouvrement fine postérieurement à sa mise en place est peu probable du fait des conditions de milieu).

Ce matériau rouge, très intéressant pour l'agriculture, a une épaisseur extrêmement variable : il peut manquer lorsque la "nappe de gravats" sous-jacente vient à affleurer, mais par ailleurs il peut atteindre 4 mètres d'épaisseur. Le rôle probable des termites dans sa formation expliquerait les ondulations de sa limite inférieure. C'est une source de difficulté pour la cartographie, et par le fait même pour l'aménagement, car son épaisseur ne semble obéir à aucune loi de répartition perceptible sur le terrain. Aspect à prendre en considération lors de l'utilisation des cartes : les "classes" de profondeur de la nappe de gravats", indurée ou pas, devant être prises pour ce qu'elles sont, à savoir des "classes" de probabilité de profondeur.

. une "nappe de gravats" composée d'un agglomérat, plus ou moins consolidé, de :

- nodules ferrugineux (débris de plinthite indurée, mais encore riche en argile) de 0,5 à 5 cm de large, de couleur rouge ocre ou noîratre, de forme très irrégulière mais généralement peu ou pas émoussés.

- blocs de toutes tailles, de carapace alvéolaire ("pétro-plinthite").

- graviers anguleux de quartz de taille variable, le quartz est assez souvent "pourri", prêt à se désagréger. Il provient directement du démantèlement et du "fauchage" de très nombreux filons qui traversent les granites et leur zone d'altération.

- quelques galets de quartz résiduels, d'origine alluviale. Ils sont la plupart du temps très ferruginisés et présentent à leur surface des "piccotis" d'"émoussé chimique". Certains sont très altérés et partent en poussière sous une légère pression ; ce qui en ferait les témoins de formations alluviales relativement anciennes, même sous un climat "agressif".

Cette nappe de gravats est généralisée sous la couche de recouvrement, mais est extrêmement irrégulière en composition (proportions et tailles des divers constituants), épaisseur et consistance. Il semble cependant qu'en général, d'une part les cailloutis de quartz anguleux soient plus abondants à la base de la nappe de gravats, d'autre part que la partie supérieure (20 à 30 premiers centimètres) renferme surtout des nodules ferrugineux. Cet "horizon", situé immédiatement au-dessous de la couche de recouvrement, présente de nombreux vides entre les gravillons ou nodules et semble constituer un front de tassement des éléments grossiers.

La richesse en cailloutis quartzeux dépend de la densité locale des filons.

La grande variabilité de consistance renforce le caractère hétérogène de ce matériau. Les débris peuvent ne pas être cimentés tout en restant jointifs (absence de matrice terreuse) et ne gênent alors pas trop la progression des racines. Mais ils peuvent aussi être complètement soudés par endroit (ciment ferrugineux) et constituer une véritable cuirasse conglomératique ; obstacle infranchissable par les racines, sauf lorsqu'il est très localisé auquel cas, ces dernières peuvent le contourner. Ce qui est néanmoins un facteur limitant pour l'enracinement.

Enfin, l'épaisseur varie également beaucoup, la nappe de gravats étant très festonnée. Ce qu'un observateur peut réaliser en comparant les épaisseurs de la nappe sur la coupe de "SUDI-STATION" et sur celle de "MATISI" (entre "MATISI" et le pont sur la rivière KUYWA").

Degré de consistance et épaisseur revêtent bien sûr une grande importance du point de vue agronomique, mais leur extrême variabilité les rend peu cartographiables, du moins à l'échelle de travail retenue pour cette prospection. Seule la profondeur du toit de la nappe de gravats a pu faire l'objet d'une classification.

Ce matériau a pour origine probable, le démantèlement d'une surface primitive (surface fin tertiaire), plus ou moins indurée dans la zone d'altération, et dont la partie supérieure a été remaniée. Remaniement qui a mélangé les débris de plinthite

indurée, les quartz de filons disloqués, les formations superficielles existantes, en particulier les formations alluviales dont ne subsistent actuellement que les galets de quartz.

Des processus essentiellement biologiques et biochimiques ont ensuite provoqué une dynamique de ségrégation au sein même du matériau.

. une zone d'altération ancienne argilo-ferrugineuse, tachetée :

Cette plinthite, plus ou moins indurée, est un matériau autochtone, non remanié ; l'orientation des filons de quartz n'y est pas perturbée.
Ce matériau, généralement de couleur rouge sombre a une structure alvéolaire, les alvéoles allongées plus ou moins horizontalement mais parfois aussi verticalement sont vides ou remplies d'une argile kaolinique claire et friable ; elles sont séparées par des cloisons anastomosées durcies par le fer.

L'ensemble est généralement assez ferme, sous l'effet de processus d'induration plus ou moins intenses, mais peut aussi rester relativement friable, surtout dans la partie inférieure du matériau. La consistance est celle d'une carapace brisable à la main, avec par endroit une véritable cuirasse très dure.

Cette altérite est généralement épaisse (plusieurs mètres comme c'est le cas dans la coupe de "MATISI") et présente souvent des fissures obliques qui se recoupent ; fissures pouvant être les résultats de tassements rigides ayant pour origine le soutirage chimique qui se produit en profondeur, dans l'altérite plus sableuse imbibée par une nappe phréatique.

Le matériau induré évolue assez peu actuellement du point de vue bio-géochimique ; il est figé, hérité de conditions pédoclimatiques passées. Il s'agit d'une ancienne zone d'altération ferrallitique hydromorphe où circulait une nappe phréatique ; celle-ci, par suite d'un assèchement du climat ou d'un changement de niveau de base (ou les 2 simultanément) a été rabattue (sa profondeur varie suivant les endroits de 5 à 10 mètres). Les observations faites sur le NUCLEUS ESTATE nous la faisait placer plus profonde (15 m).

. une zone d'altération actuelle limono-sableuse : située au-dessous du niveau précédent (le passage est progressif), moins argilifiée et moins ferruginisée que celui-ci. Les minéraux sont très reconnaissables (feldspaths kaolinisés, paillettes de micas), ainsi que la structure de la roche. Il s'agit de la zone d'altération du socle actuellement active (hydrolyse, soutirage chimique), dont une grande partie est imbibée par la nappe phréatique.

Le matériau est friable, limoneux à limono-sableux, de teinte claire (rosâtre). L'épaisseur de cette altérite peut être très grande, de l'ordre de 10 mètres. Elle progresse en profondeur le long des fissures du granite qui s'élargissent en laissant subsister des boules résiduelles qui s'altèrent en écailles concentriques.

. la roche saine : granite, gneiss, granodiorite, schistes métamorphiques sont visibles en surface d'une part dans le lit des cours d'eau sous forme de seuils; d'autre part sur les sommets d'interfluves sous forme d'inselbergs, dômes, amoncellements de gros blocs ou de petits affleurements peu émergés. Ces noyaux de roche saine ont résisté à l'altération ferrallitique et ont été mis à jour suite à l'abaissement progressif du modelé.

Il faut noter que des blocs granitiques ou grano-gneissiques résiduels peuvent subsister dans n'importe lequel des matériaux décrit précédemment.

Ils peuvent soit faire l'objet d'une altération lorsqu'ils se trouvent à la base de la formation, inclus dans la zone d'altération limono-sableuse seule capable d'entretenir l'hydrolyse des minéraux (nappe phréatique), soit de rester figés lorsqu'ils sont en surface. Ces affleurements sans racines peuvent ainsi présenter des sols profonds à leur voisinage immédiat bien que d'une manière générale les affleurements d'une certaine ampleur sont associés des sols peu profonds du fait de la présence d'une plinthite indurée proche de la surface.

2.3 - Régime hydrologique

Le régime hydrologique qui prévaut au sein des formations d'interfluves, revêt une grande importance par son impact sur la dynamique des eaux dans les vallons ou dans les plaines inondables, en particulier sur le site du "NUCLEUS ESTATE" où d'importants travaux de drainage sont envisagés. Les eaux observables dans la plaine inondable sur la rive droite de la KUYWA semblent indubitablement provenir en majeure partie de la ligne de sources située en tête du glacis de raccordement. Ces sources sont alimentées par la nappe phréatique qui baigne une partie de la zone d'altération actuelle micacée. Cette nappe qui, sur le NUCLEUS ESTATE, nous avait paru toujours profonde (plus de 15 m de profondeur) peut être beaucoup plus proche de la surface. Les nombreux puits, observés sur les autres interfluves au cours de la prospection "OUT GROWERS", ont souvent montré l'eau vers 5 m de profondeur. Mais ce niveau supérieur est toujours placé au-dessous des niveaux "nappe de gravats" et plinthite plus ou moins indurée. D'autre part, il n'a jamais été vu de marques d'hydromorphie à la base du matériau ocre-rouge de recouvrement (1800 fosses observées sur les interfluves).

Ces deux points, niveau de l'eau dans les puits et absence de signes d'hydromorphie, nous font penser que les eaux de pluie percolent rapidement en profondeur et ne sont que peu gênées dans leur mouvement par la "nappe de gravats" et la plinthite. Il ne semble pas que les eaux stagnent à un niveau

quelconque du sol. Par contre elles alimentent une nappe dans les matériaux limono-sableux de la zone d'altération actuelle. Ce qui expliquerait l'énorme volant d'eau nécessaire au maintien de sources importantes même à la fin de la saison sèche, au niveau de la "ligne de termitières". A cet endroit, les eaux de la nappe profonde sur les versants d'interfluves viennent recouper la surface ; une partie émerge immédiatement à l'aval de la "ligne de termitières", une autre reste dans l'altérite micacée et passe sous le matériau argileux vertique de la plaine inondable. Ce dernier empêchant la venue à l'affleurement de la nappe.

Les piézomètres posés sous la direction des agronomes de la N'ZOIA SUGAR CO dans la plaine inondable sur le NUCLEUS ESTATE ont montré (en fin de saison des pluies) :

- lorsqu'ils ne traversaient pas les argiles vertiques, aucune remontée d'eau,

- lorsqu'ils les traversaient, un caractère artésien.

En conclusion : les eaux de pluie percolent rapidement et verticalement en profondeur dans les formations d'interfluves, le matériau étant très filtrant.

Ces eaux alimentent une nappe phréatique localisée dans l'altérite micacée, limono-sableuse. Nappe qui vient en partie à l'affleurement immédiatement en aval de la "ligne de termitières" ; l'autre partie circulant sous les niveaux argileux vertiques des plaines inondables.

2.4 - Milieux et processus de pédogénèse

Il nous faut distinguer ce qui se passe en profondeur au niveau de l'altération initiale et actuelle du socle et où prédominent les processus géochimiques , de ce qui se passe dans la partie supérieure du sol où sont prépondérants les processus biologiques et physico-chimiques. Il faut également faire la part des processus actuels et celle des héritages, ceux-ci pouvant être figés ou subir en surimposition la dynamique actuelle.

Nous pouvons distinguer du bas vers le haut :

. les processus géochimiques actuels de profondeur qui se passent dans la zone d'altération limono-sableuse, la nappe phréatique qui imprégne ce matériau assure l'hydrolyse et l'élimination des produits solubles ; il s'agit d'une altération ferrallitique sur laquelle nous n'insisterons pas puisqu'elle ne présente pas d'intérêt direct pour la mise en valeur agricole.

Cette zone d'altération initiale évolue peu à peu par le haut, vers une argilification et une certaine ségrégation du fer, pour donner une argile tachetée hydromorphe.

. <u>les matériaux à pédogénèse héritée, sans évolution actuelle notable</u> :

- l'argile tachetée hydromorphe passe progressivement à un matériau de plus en plus ferme qui finit par s'indurer en carapace alvéolaire. Cette induration est le résultat d'un rabattement assez rapide de la nappe phréatique à un moment du Quaternaire (abaissement du niveau de base, d'origine climatique ou tectonique), ce qui a accéléré la ségrégation du fer imprégnant le matériau. Cette "plinthite indurée" ou"pétro-plinthite", héritage paléoclimatique est figée et n'évolue plus chimiquement dès que les noyaux argileux délimités par les alvéoles ferrugineuses (squelette rigide) ont été dégradés ou lessivés par la percolation des eaux.

- la "nappe de gravats", située au-dessus de la plinthite est arrivée à un stade sénile de concentration maxima par les termites, puisqu'il n'existe pratiquement plus de matrice argileuse entre les éléments grossiers.

On peut noter pour mémoire, dans ces deux types de matériau lorsqu'ils sont assez proches de la surface, un certain brassage mécanique par les racines.

. <u>les processus actuels dans le matériau de recouvrement, rouge</u> :

Il est délicat de faire la part de l'actuel et du passé en ce qui concerne les caractères d'ordre physico-chimiques tels que la rubéfaction ; il est probable que le brassage permanent par les termites assure depuis très longtemps un drainage excellent, ce qui est une condition essentielle pour la rubéfaction.

Les processus actuels sont essentiellement d'origine biologique : les termites ont une activité intense aussi bien sous la surface, qu'au-dessus, dans les termitières. Il y a un processus permanent comprenant, : la remontée des particules de sol de la profondeur vers la surface (nombreuses galeries hypogées), l'élaboration de la termitière et enfin sa dégradation par l'érosion ; la forme en dôme, arrondie au sommet, est le résultat de la concurrence entre les apports biologiques et les remaniements par érosion pluviale sur les flancs (érosion en nappe, glissements).

Le matériau de la termitière est limono-argilo-sableux, les cavités sont délimitées par des cloisons rigides (sécrétions des termites). A la base de la termitière se trouve une accumulation de grosses ségrégations calcaires à arêtes anguleuses

pouvant atteindre 20 cm de large. Ces gros nodules ne se retrouvent jamais dans les sols ; ils se dissolvent donc rapidement lors de la dégradation de la termitière.

Entre 20 et 60 cm de profondeur, les sols montrent systématiquement un niveau ferme et relativement bien structuré qui contraste avec la friabilité et l'absence de structure de l'horizon sous-jacent. Nous pensons que ces propriétés physiques sont dues aux termites ; les galeries y sont d'ailleurs nombreuses.

Les processus physico-chimiques non biologiques sont peu évidents. Il semble cependant que l'horizon superficiel (0-20 cm) soit le siège d'un début d'appauvrissement en argile. Cette évolution est contrariée par le remaniement biologique.

2.5 - Caractères des sols et classification

Les profils observés montrent les caractères moyens suivants :

- l'horizon humifère de surface, à remaniement anthropique, a une épaisseur d'environ 20 cm ; la couleur est brun foncé (7,5 YR 3/2) ; la texture est généralement limono-argilo-sableuse (29 % d'argile - 18 % de limon - 54 % de sable).

On n'observe pas d'éléments grossiers ; la structure est friable à l'état frais, légèrement collante et non plastique à l'état humide ; l'horizon est poreux, il n'y a aucun obstacle à l'enracinement.

Les analyses indiquent environ 3,4 % de matière organique, un rapport C/N de l'ordre de 12, une teneur en azote de 1,51 ‰. La matière organique se décompose et s'humifie très bien. La réserve en eau utilisable par les racines (RU) représente 6 % en poids, ce qui, compte tenu de la densité apparente du matériau (1,24) équivaut à 15 mm, sur une épaisseur de 20 cm ;

Du point de vue chimique, la teneur en phosphore total est de l'ordre de 307 ppm ; le complexe absorbant a une capacité d'échange (C.E.C.) de 7,70 mé/100 g ; la somme des bases échangeables est de 3,30 mé/100 g, ce qui correspond à une saturation de 43 % ; le pH (eau) est de 5,3.

- l'horizon "intermédiaire" situé en moyenne entre 20 et 60 cm, est encore relativement riche en matière organique (2 % - C/N = 12); la couleur est plus vive que celle de l'horizon de surface (5 YR 4/8) ; la caractéristique essentielle de cet horizon est sa consistance relativement ferme, par rapport aux horizons du dessus et du dessous. Cependant, les racines traversent ce niveau sans difficulté ; il présente une structure polyédrique anguleuse moyenne peu développée, la texture est limono-argilo-sableuse (30 % d'argile - 17 % de limon - 52,5 % de sable) ;

il n'y a pas d'éléments grossiers ; l'activité biologique (galeries de termites) est importante, la réserve en eau utile (RU) est égale à 6,3 % (en poids), c'est à dire qu'avec une densité apparente de 1,28, la réserve de l'horizon (20-60 cm) est de l'ordre de 33 mm.

La teneur en phosphore total est de 243 ppm. La capacité d'échange du complexe absorbant est de 6,80 mé/100 g. La somme des bases échangeables est de l'ordre de 2,43 mé/100 g ; (soit une saturation de 42 %) ; le pH (eau) est de 5,3.

- l'horizon "B" (minéral), situé en dessous de 60 cm de profondeur est limité à une profondeur variable (pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres) par une "nappe de gravats" plus ou moins consolidée, la couleur est très vive : ocre ou rouge (5 YR 5/6 - 4/6 ; 10 R 5/6 ; 2,5 YR 3/6 ...).

On n'observe jamais d'éléments grossiers ; la texture est limono-argilo-sableuse. Les analyses granulométriques (avec attaque acide) indiquent en moyenne : 50 % d'argile, 15 % de limon, 35 % de sable. Mais il faut signaler que l'appréciation manuelle de la granulométrie sur le terrain, indique une teneur en argile inférieure aux résultats analytiques, donnant ainsi l'impression d'une texture plus grossière. Ceci est dû probablement à l'abondance de "pseudo-particules" représentant une liaison particulière du fer amorphe avec les surfaces argileuses. La consistance du matériau est très friable à l'état frais, collant et légèrement plastique à l'état humide. La structure est massive (absence de fentes et d'agrégats différenciés). La porosité (tubulaire) est excellente ; le matériau est très drainant ; on observe aucune trace d'hydromorphie, les racines fines passent aisément. La teneur en matière organique, non négligeable (1 %) pourrait avoir pour origine le brassage par les termites. La réserve en phosphore total est en moyenne de 205 ppm. Le complexe absorbant a une capacité d'échange de 6,1 mé/100 g ; la somme des bases échangeables est de l'ordre de 2,65 mé/100 g (soit un pourcentage de saturation de 40 % ; le pH est de 5,5. La réserve en eau utilisable est de 7,2 % en volume, soit, compte tenu d'une densité apparente de 1,14, environ 82 mm par mètre de sol ; la réserve facilement utilisable (2/3 RU) est d'environ 55 mm/mètre de sol.

- le niveau gravillonnaire plus ou moins consolidé, sous-tend le niveau précédent (discontinuité nette) à une profondeur extrêmement variable. Ce niveau a été décrit précédemment (nature du matériau), il est constitué d'environ 80 % d'éléments grossiers : nodules ferrugineux, bouts de carapace, débris quartzeux en proportions relatives très variables. Ce niveau peut être non cimenté, les racines fines peuvent alors le traverser, ou alors cimenté et totalement impénétrable.

- Classification :

• classification Française : Ces sols appartiennent à la "classe" des sols ferrallitiques. La "sous-classe" tient compte du complexe absorbant dans l'horizon B minéral : la somme des bases échangeables est de 2,65 mé/100 g, le degré de saturation est de 40 %, le pH est de 5,5.

Ces caractères permettent de ranger nos sols dans la sous-classe des "sols ferrallitiques faiblement à moyennement désaturés en (B)". Au niveau du "groupe", le remaniement biologique de l'ensemble de l'horizon (B) nous oblige à ranger ces sols dans le groupe "remanié".

En fonction de la profondeur de la nappe de gravats nous les rangerons dans les "sous groupes" induré, remanié ou modal.

• Classification F.A.O. : les sols rouges de la région de BUNGOMA sont rangés dans la catégorie des "ferralsols". Lorsque la plinthite indurée est à plus de 125 cm de profondeur, il s'agit d'"Orthic ferralsols" ; lorsque cette plinthite est à moins de 125 cm, il s'agit de "plinthic ferralsols" : phase "petroferric" lorsque la plinthite est une véritable cuirasse et qu'elle est située entre 50 et 100 cm de profondeur, phase "lithic" si la cuirasse est à moins de 50 cm, phase "petric" lorsque la nappe de gravats non cimentée est située à moins de 100 cm de profondeur.

2.6 - Contraintes pour la culture de la canne à sucre

Les contraintes principales à la mise en valeur agricole et plus spécialement à la culture de la canne à sucre sont d'ordre biologique et édaphique.

Biologique du fait de la forte densité des termitières, édaphique compte tenu de la profondeur utile du sol, fonction de la proximité de la "nappe de gravats" ou de la plinthite plus ou moins indurée. La profondeur du sol intervient dans la limite des réserves en eau.

2.6.1 - La présence de grandes termitières : est quasi générale. Les monticules de 2 à 4 mètres de haut, 25 à 35 mètres à la base, occupent 10 % de la surface totale à raison d'1/ hectare en moyenne. Le mésorelief est donc important et provoque une gêne non négligeable pour les travaux de préparation du sol.

L'aplanissement des termitières au bulldozer, fort couteux, parait indispensable. Au cas ou il ne serait pas effectué, on peut craindre un décapage localisé, sur les flancs des dômes, au cours des fortes pluies. D'autre part, les eaux auront tendance à se concentrer dans les parties basses provoquant un certain déficit hydrique sur les termitières elles-mêmes.

Enfin signalons le rôle possible des termites en temps que parasites de la canne.

Un fait a pu être noté sur les premières plantations de la pépinière ; il semble qu'en début de croissance les jeunes pousses soient en moins bon état sur les anciennes termitières qu'à leur périphérie, mais qu'ensuite, lorsqu'elles ont atteint à peu près 1 m de haut, les faits s'inversent. Les plus belles cannes se trouvant à l'emplacement des dômes arrasés.

Les nodules calcaires étalés à la surface du sol lors de la préparation du terrain jouent-ils un rôle dans ce phénomène ? Il est probable, et certaines observations effectuées ailleurs au Kenya semblent le prouver, que ces concentrations de carbonates ont un effet sur le pH.

Les termitières constituent une contrainte commune à l'ensemble des interfluves. Leur densité moyenne parait néanmoins plus faible lorsque la "nappe de gravats" ou la cuirasse sont sub-affleurantes.

2.6.2 - La profondeur utile du sol

La principale contrainte édaphique provient de la présence à une certaine profondeur, d'un niveau carapacé ou gravillonnaire, susceptible d'arrêter ou de gêner l'enracinement de la canne. Nous avons distingué 4 classes de profondeur suivant que la nappe de gravats était située :

- entre 0 et 50 cm de profondeur
- entre 50 et 100 cm " "
- entre 100 et 150 cm " "
- à plus de 150 cm " "

Rappelons qu'il n'a pû être distingué de classes d'intensité d'induration, ce qui introduit un facteur "hétérogénéité" dans chacune des sous-unités choisies.

. Carapace ou nappe de gravats entre 0 et 50 cm de profondeur :

Cette unité est caractérisée par une grande hétérogénéité ; le niveau formant obstacle peut avoir une consistance et une composition variant fortement sur une très courte distance. Il s'agit soit d'une carapace ou d'une cuirasse infranchissable par les racines (dans ce cas il s'agit d'un obstacle absolu) ; soit d'un niveau gravillonnaire non cimenté, à base de gravillons ferrugineux, de débris de quartz, ou des deux à la fois ; il s'agit alors d'une gêne à l'enracinement, mais qui n'est pas rhédibitoire en elle-même. La cimentation et l'induration variables suivant les endroits et non prévisibles d'un même matériau, a nécessité le regroupement en une seule unité.

Compte tenu de cette hétérogénéité, de la fréquence d'une cuirasse sub-affleureante discontinue, de la faible épaisseur exploitable par les racines, cette unité est la plus défavorable des interfluves, mis à part bien entendu les affleurements de roche saine. Les sols y sont spécialement sensibles à la sécheresse, les rendements en canne seront très irréguliers, reflétant l'hétérogénéité du terrain.

Un sous-solage profond brisant la carapace en surface risque d'être peu efficace. Cette carapace lorsqu'elle existe se continuant souvent loin en profondeur.

Cette unité à cuirasse ou matériau gravillonnaire sub-affleurants est bien représentée à l'Est-Nord-Est du périmètre (peut-être à cause de la proximité du NANDI ESCARPMENT), au Sud-Ouest dans les zones à forte densité d'affleurements rocheux et souvent aussi en bordure des marigots. Bien que chronologiquement les cuirasses de sommet d'interfluve et celles de bordure de marigot soient différentes, elles constituent le même type de contraintes vis à vis de la canne à sucre.

. Carapace ou "nappe de gravats" entre 50 et 100 cm de profondeur :

Comme l'unité précédente, celle-ci est marquée par l'hétérogénéité. Cuirasse, carapace ou "nappe de gravats représentent en elles-mêmes une contrainte importante à laquelle vient s'ajouter la variabilité de cimentation, d'induration (répartition en mosaïque).

Il s'agit cependant d'une unité moins défavorable que la précédente.

Dans le matériau meuble, la réserve en eau utilisable est comprise entre 45 et 85 mm suivant les endroits. Nous nous plaçons dans le cas le plus défavorable puisqu'il n'est pas tenu compte de la réserve en eau, non négligeable, mais difficilement appréciable du matériau gravillonnaire lorsqu'il n'est pas consolidé.

La canne à sucre risque de souffrir en saison sèche, mais de façon irrégulière. On peut s'attendre à une variabilité de réponse au sein des parcelles.

Gêne à l'enracinement, faible réserve en eau, hétérogénéité marquée confèrent à cette unité une faible aptitude à la culture de la canne à sucre.

Ce type de milieu se rencontre généralement en auréoles autour des zones à cuirasse ou "nappe de gravats" sub-affleurantes. On le trouve ainsi en assez grands blocs au Nord-Est et au Sud-Ouest du périmètre.

. Carapace ou "nappe de gravats" entre 100 et 150 cm de profondeur :

La variabilité spatiale de l'état de cimentation donc de l'importance de l'obstacle est toujours très grande, mais la gravité de cette contrainte d'hétérogénéité du milieu tend a s'estomper avec la profondeur de la nappe de gravats. Ici les racines ont un espace vital suffisant, bien que non optimal ; la réserve en eau utile dans le matériau meuble, au-dessus de l'obstacle infranchissable ou simplement gênant, est comprise entre 85 et 125 mm ; mais la nappe de gravats quand elle n'est pas cimentée, caractère très aléatoire, peut également fournir de l'eau.

Il ne semble pas y avoir de localisation privilégiée de cette unité. Constituant le plus souvent une zone de transition, elle est répartie à peu près partout sur le périmètre.

L'aptitude à la culture de la canne à sucre non irriguée est "bonne".

. Carapace ou "nappe de gravats" à plus de 150 cm de profondeur :

Il s'agit des meilleurs sols de la région ; ils ont une grande profondeur et d'excellentes propriétés physiques. Leur réserve en eau utile est supérieure à 125 mm. Malgré la présence de grandes termitières, qui sont présentes partout, et dont il faudra s'accomoder, ces zones à sols profonds, bien drainés ont une aptitude très bonne pour la canne à sucre.

Ce type de milieu est surtout représenté au Nord de la route BUNGOMA-WEBUYE, où il est possible de trouver les surfaces nécessaires aux "OUT GROWERS", sur de grands blocs. Avantage appréciable pour l'organisation des campagnes de culture.

2.6.3 - Les risques de décapage :

De moindre gravité que les deux grandes contraintes déjà vues (densité des termitières, profondeur utile du sol) ; ces risques de décapage sont néanmoins à prendre en considération.

Comme l'ont montré les premiers travaux de préparation du sol, lors de l'installation de la pépinière, les sols d'interfluves sont assez sensibles à l'érosion en nappe. Cette sensibilité qui est le fait de la richesse du matériau en limons et en pseudo-sables (faible stabilité structurale), est accentuée par le mésorelief créé par les termitières ; la morphodynamique se manifeste sur les flancs des dômes dépourvus de végétation et à pentes fortes ; dans les conditions de culture actuelle il y a étalement du matériau de la termitière en auréole autour de celle-ci ; il ne semble pas y avoir de départ généralisé vers l'aval mais simplement des redistributions locales ; le milieu est dans l'ensemble stable ; mais lors de la mise à nu du sol sur de grandes parcelles, il est à craindre une érosion en nappe généralisée, jusqu'à ce qu'une couverture minima par les cannes soit assurée. La pente générale du terrain peut atteindre 4 % sur les versants d'interfluves, ce qui, compte tenu de la fragilité du sol est une valeur élevée. Pour limiter ces effets, il serait préférable d'opérer tous les travaux en suivant grossièrement les courbes de niveaux.

3 - BAS DE VERSANTS D'INTERFLUVES, HYDROMORPHES :

On observe souvent en bas de versant, au dessus de la "ligne de termitières", un milieu de transition entre les interfluves bien drainés et le glacis de raccordement hydromorphe. Cette unité se différencie de celle située à l'amont par un changement de régime. Changement qui se manifeste par une hydromorphie plus ou moins marquée, donc des sols différents de ceux existant sur les versants bien drainés.

L'unité n'est pas discernable partout ; n'étant pas généralisée elle forme une frange discontinue immédiatement à l'amont de la "ligne de termitières". Elle affecte les bas de versant où la pente est de l'ordre de 3 à 4 % ; sa largeur dépasse rarement 100 m. Il semble qu'elle soit surtout représentée aux endroits où la limite de pied de versant est convexe. Par exemple l'avancée d'un interfluve à la confluence de deux rivières.

Le matériau originel, le même que celui des versants bien drainés, a subi des transformations du fait du régime hydrologique particulier qui l'affecte. La nappe phréatique, profonde à l'amont, se rapproche temporairement de la surface en saison des pluies. D'une manière générale, l'hydromorphie se

manifeste par l'apparition, vers 1 m de profondeur, de petites taches rouges ainsi que par une légère modification de la couleur du matériau qui tend vers le jaune.

Cette hydromorphie, variable en intensité, aboutit grossièrement à deux cas (ces deux possibilités ont cependant été réunies dans la même unité au niveau de la carte, compte tenu de leurs faibles étendues respectives).

- battement de nappe au dessous d'un mètre de profondeur

On observe de petites taches rouges dans un matériau un peu plus jaunâtre que sur le haut du versant.

Ces caractères d'hydromorphie, discrets, indiquent que l'imbibition du sol par la nappe, lorsqu'elle gonfle en saison des pluies n'est pas prolongée et que le matériau se réoxyde assez rapidement.

- battement de nappe se faisant sentir jusqu'en surface :

L'engorgement semble se produire en fin de saison des pluies, lorsque la nappe est gonflée au maximum. A ce moment là se rajoute un autre processus, l'écoulement hypodermique. Celui-ci, en association avec le battement de la nappe phréatique aboutit à un appauvrissement progressif du sol, en argiles. Celles-ci sont dégradées et lessivées, leurs produits sont évacués vers les zones basses du modelé.

On en arrive à un matériau plus sableux, plus décoloré que celui des sols situés en amont. Ces zones, par leur morphologie, préfigurent le "glacis de raccordement".

3.1 - Types de sol

• battement de faible amplitude en profondeur : mis à part les caractères de couleur mentionnés plus haut, les sols sont peu différents de ceux des versants d'interfluve bien drainés. La classification française les place parmi les "sols ferrallitiques faiblement à moyennement désaturés hydromorphes". Pour la classification F.A.O., ce sont des "gleyic ferralsols".

• battement de nappe affectant tout le matériau : hydromorphie plus accentuée, dégradation des argiles, lessivage oblique confèrent au sol une morphologie très différente de celle des formations amont.

D'une façon générale on distingue :

- un horizon humifère de surface ayant environ 20 cm d'épaisseur, la couleur est gris foncé (10 YR 3/1), sans taches. La texture est limono sableuse à sablo-limoneuse (environ 12 % d'argile - 17 % de limon - 71 % de sable). La structure est généralement très fragile (structure polyédrique émoussée à massive) ; absence d'éléments grossiers ;

consistance très friable à l'état frais, non plastique et peu collante à l'état humide ; horizon très poreux et filtrant.
Il y a 4 à 5 % de matière organique (C/N = 11).
Le réserve en eau utilisable (différence entre les humidités à pF 2,5 et pF 4,2) est d'environ 10 %.
La densité apparente étant de l'ordre de 1,20 cette réserve est d'environ 24 mm pour une tranche de sol de 20 cm.
La réserve en phosphore total est de l'ordre de 200 ppm.
La capacité d'échange est de 8 mé/100 g. La somme des bases échangeables est voisine de 6 mé/100 g.
Le pH (eau) est en moyenne de 5,50.
La transition avec l'horizon sous-jacent est graduelle.

- un horizon intermédiaire situé entre 20 et 40 cm de profondeur est de couleur brun grisatre foncé (10 YR 4/2) ; sans taches ; la texture est sablo-limoneuse (10 % d'argile - 10 % de limon - 80 % de sable) ; il n'y a pas d'éléments grossiers ; la structure est massive ; la porosité est très bonne ; la consistance est très friable à l'état frais, non plastique et peu collante à l'état humide. Le taux de matière organique est de l'ordre de 2 à 3 % (C/N = 11). La réserve en eau utilisable est de l'ordre de 10 %, soit environ 24 mm pour une tranche de 20 cm. La capacité d'échange est de 4 à 6 mé/100 g ; la somme des bases de l'ordre de 3 mé/100 g ; le pH est voisin de 6. La transition avec l'horizon inférieur est graduelle.

- un horizon minéral appauvri, situé entre 40 et 80 cm de profondeur environ, est de couleur assez claire (10 YR 6/2) on observe fréquemment de nombreuses taches brunes assez peu contrastées ; la texture est sablo-limoneuse (6 % d'argile - 10 % de limon - 84 % de sable) ; il n'y a pas d'éléments grossiers ; la structure est massive ; la porosité de l'horizon est excellente ; à l'état frais la consistance est très friable ; à l'état humide le matériau n'est ni plastique ni collant. La réserve en eau est de l'ordre de 7 %, soit environ 35 mm pour une tranche de sol de 40 cm.
La capacité d'échange est en moyenne de 5 mé/100 g, et la somme des bases de 1 à 3 mé/100 g. Le pH est de 5 à 6.
La transition avec le matériau inférieur est très graduelle.

- un horizon limono-argilo-sableux en cours de dégradation
Il s'agit d'une argile tachetée, très hydromorphe : taches rouges ou jaunes sur fond gris-clair. La texture passe progressivement du limon sableux au limon argilo-sableux puis à l'argile sableuse en profondeur. La structure est polyédrique anguleuse moyenne ; il n'y a toujours pas

d'éléments grossiers ; la consistance est friable à ferme à l'état frais, collante et assez plastique à l'état humide.
La réserve en eau est de l'ordre de 10 % (en poids), soit 135 mm par tranche de sol de 1 mètre d'épaisseur (densité apparente 1,35). La capacité d'échange est de l'ordre de 13 mé/100 g, et la somme des bases échangeables de 2,5 mé/100 g ; le pH est de 6.

. Classification : Dans le système français, ces sols sont classés dans la catégorie des "sols hydromorphes minéraux à gley lessivés".

Dans la classification F.A.O., il s'agit de "gleyic luvisols"

3.2 - Contraintes pour la canne à sucre

Rappelons qu'au niveau de la représentation cartographique, les bas de versant d'interfluve hydromorphes ont été regroupés dans une seule unité morpho-pédologique. Cette dernière devant être comprise comme représentative d'une dynamique originale variable en intensité. Suivant l'intensité de l'hydromorphie, le matériau acquiert divers caractères, d'où d'une part, des sols différents et d'autre part des contraintes différentes. Ces dernières variant surtout dans leur intensité et peu dans leur nature.

. l'engorgement du sol en saison des pluies : Sans être rédhibitoire, la remontée de la nappe à une certaine période de la saison des pluies peut être préjudiciable aux racines de la canne, donc aux rendements. Le drainage n'étant pas souhaité sur les blocs destinés aux "OUT GROWERS", il faut s'attendre à des rendements faibles et irréguliers sur ces types de terres.

. les risques de décapage : dégradation des argiles, lessivage confèrent aux sols une texture plus sableuse que sur les hautes de versant ainsi qu'une structure de surface souvent très fragile.
Texture sableuse ou sablo-limoneuse et faible stabilité structurale prédisposent ces sols à l'érosion en nappe. D'autant plus que les pentes en bas de versant sont relativement fortes (3 à 4 %). Le décapage est d'ailleurs observable actuellement sous cultures traditionnelles en de nombreux endroits, plus fréquemment que sur les sols rouges situés à l'amont. Compte tenu de la taille des blocs de canne, il est à craindre lors de la mise en culture, une plus grande ampleur des processus de décapage.
Néanmoins, des techniques culturales appropriées peuvent diminuer

grandement ces risques.

. les termitières de grande taille : comme pour les sols précédents, la contrainte inhérente au mésorelief accidenté, créée par les termitières, reste entière ; contrainte à la préparation du sol. Au cas ou l'aplanissement des dômes ne soit pas envisagé dans la préparationn des blocs "OUT GROWERS", il est à craindre une répartition irrégulière des eaux de pluies à la surface du sol. D'où une hétérogénéité marquée au niveau de la pousse des cannes lorsqu'elles sont jeunes. De même qu'un décapage plus intense sur les flancs des termitières tant que les cannes ne seront pas assez couvrantes.

Compte tenu de ces réserves, nous considérons que cette unité a une aptitude moyenne pour la canne à sucre.

4 - LA TERRASSE ALLUVIALE RECENTE

4.1 - Modelé, Position topographique

Cette terrasse subsiste, de façon discontinue, surtout en bordure de la rivière KUYWA. Soit sur le site du "NUCLEUS ESTATE", soit à l'amont au Nord de la route BUNGOMA-WEBUYE.

Le remblai alluvial forme un palier entre le lit actuel de la KUYWA et la plaine argileuse.

La terrasse est emboitée de 2 à 3 m dans la plaine par l'intermédiaire d'un talus assez estompé. Du côté de la rivière elle peut, soit dominer le lit par un talus de berge vertical de 2 à 3 m (en période d'étiage), soit en être séparé par une petite terrasse actuelle discontinue et étroite.

En coupe transversale, ce remblai est légèrement convexe. Sa largeur, très variable, peut atteindre 800 m (30 m seulement par endroits).

La largeur maxima de la terrasse coïncide avec la présence d'une large plaine vertique (Nord de la route goudronnée, site du NUCLEUS ESTATE). En aval elle s'amincit rapidement et disparaît au Sud du NUCLEUS ESTATE. A cet endroit la rivière très encaissée, entaille directement le "glacis de raccordement" et son lit est traversé par de nombreux affleurements de roche saine. Il semble y avoir là un effet de seuil qui a permis d'une part le développement d'une large plaine vertique, d'autre part la mise en place d'une terrasse alluviale récente, ou son maintien (auquel cas elle aurait existé à l'aval, puis disparu).

Cette terrasse peut avoir un modelé assez ondulé dû aux bras morts, anciens méandres, levées de berge... Mais souvent elle présente une topographie douce, peu "chahutée".

4.2 - Nature du matériau

Le matériau alluvaíl récent a une épaisseur de 2 à 3 mètres. Il a gardé certains caractères morphologiques des sols ferrallitiques arrachés au bassin versant. Sa couleur d'ensemble est brun-rougeâtre. Sa texture est généralement limono-argileuse, mais on y trouve quelque fois des lentilles de sable pur ; les coupes visibles sur les berges verticales montrent une litation grossière, mais sans grandes variations granulométriques. La porosité est excellente, ainsi que la drainabilité.

En-dessous de ce remblaiement fin on trouve un niveau discontinu de "graviers sous berges" à éléments grossiers plus ou moins émoussés ou roulés, à base de débris ferrugineux, gravillons, graviers et parfois galets de quartz. Ce niveau repose directement sur la roche granitique ou schisteuse, altérée ou non ; elle y remplit parfois de petites marmites d'érosion torrentielle.

4.3 - Régime hydrologique

Le matériau est affecté par un régime de nappe dont le niveau fluctue en même temps que celui de la rivière.

Compte tenu de l'excellente drainabilité du matériau les fluctuations sont rapides.

Un engorgement se produit à certaines périodes de la saison des pluies, vers 120-130 cm de profondeur ; à partir de 70 cm sur les flancs de la terrasse. Cet engorgement, qu'indique la présence de nombreuses taches et concrétions noires ferro-manganiques, n'est pas très prolongé. En effet la couleur d'ensemble brun-rougeâtre montre une réoxydation rapide ; la nappe est rabattue par le talus de berge dû à l'encaissement de la rivière (rabattement d'autant plus rapide que le matériau est bien drainant).

On doit mentionner également un régime d'inondation exceptionnelle de courte durée ; en effet certaines parties de la terrasse peuvent être submergées lors de fortes crues, l'inondation, si elle se produit, n'affecte que les flancs de la terrasse.

Il faut noter enfin, le milieu particulier constitué par les bras morts : enfoncés de 1 m en moyenne dans le matériau alluvial, ils collectent les eaux de ruissellement de la terrasse et sont inondés pendant la saison des pluies. Ce régime hydrologique particulier est marqué dans le paysage par une végétation hydrophile (cypéracées).

4.4 - Les sols

Les processus de pédogénèse actuels sont marqués par les phénomènes d'hydromorphie. Cette hydromorphie est due à la remontée de la nappe phréatique. C'est une hydromorphie due à l'eau saturant les nombreux pores du matériau, et non une endohydromorphie due à la saturation des argiles montmorillonitiques comme c'était le cas dans la plaine, c'est à dire que cette eau circule aisément et que le milieu est facile à drainer. La réoxydation est rapide, ce qui explique que le sol ne montre pas de traces d'hydromorphie très accentuée.

Ces sols d'alluvions présentent d'excellentes propriétés physiques : porosité, structure, texture équilibrée (argile limoneuse, limon, limon argileux) ; A partir de 1 m en moyenne on voit apparaître des taches noires ferro-manganiques sur les faces des agrégats. Il n'y a jamais d'éléments grossiers; l'enracinement est toujours excellent. Ces sols sont classés parmi les "sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphes", ou les "sols hydromorphes minéraux à gley" dans les bras morts. La classification F.A.O. les place parmi les "eutric fluvisols" et les "gleyic fluvisols".

4.5 - Contraintes pour la canne à sucre

L'engorgement du sol à partir de 70 cm, mais le plus souvent vers 120-130 cm, constitue une gêne certaine à l'enracinement. Cependant il ne se produit qu'épisodiquement et pendant de courtes périodes ; le ressuyage est rapide.

Les sols de la terrasse sont de très bonne qualité. Ils sont d'ailleurs très cultivés. Même pris en compte l'engorgement temporaire en profondeur, cette unité possède une bonne "aptitude" à la culture de la canne.

Une incertitude demeure quant aux risques et à la fréquence des crues susceptibles d'inonder la terrasse. On peut prévoir en cas d'inondation, un ressuyage rapide, ce qui diminue d'autant la gravité de cette contrainte.

Les bras morts constituent une gêne pour l'aménagement de la terrasse. De plus ils sont en eux-mêmes peu propices à la culture de la canne (zones d'engorgement préférentiel).

Enfin, lorsque la terrasse surplombe directement la rivière, il est à craindre des sapements sur les rives

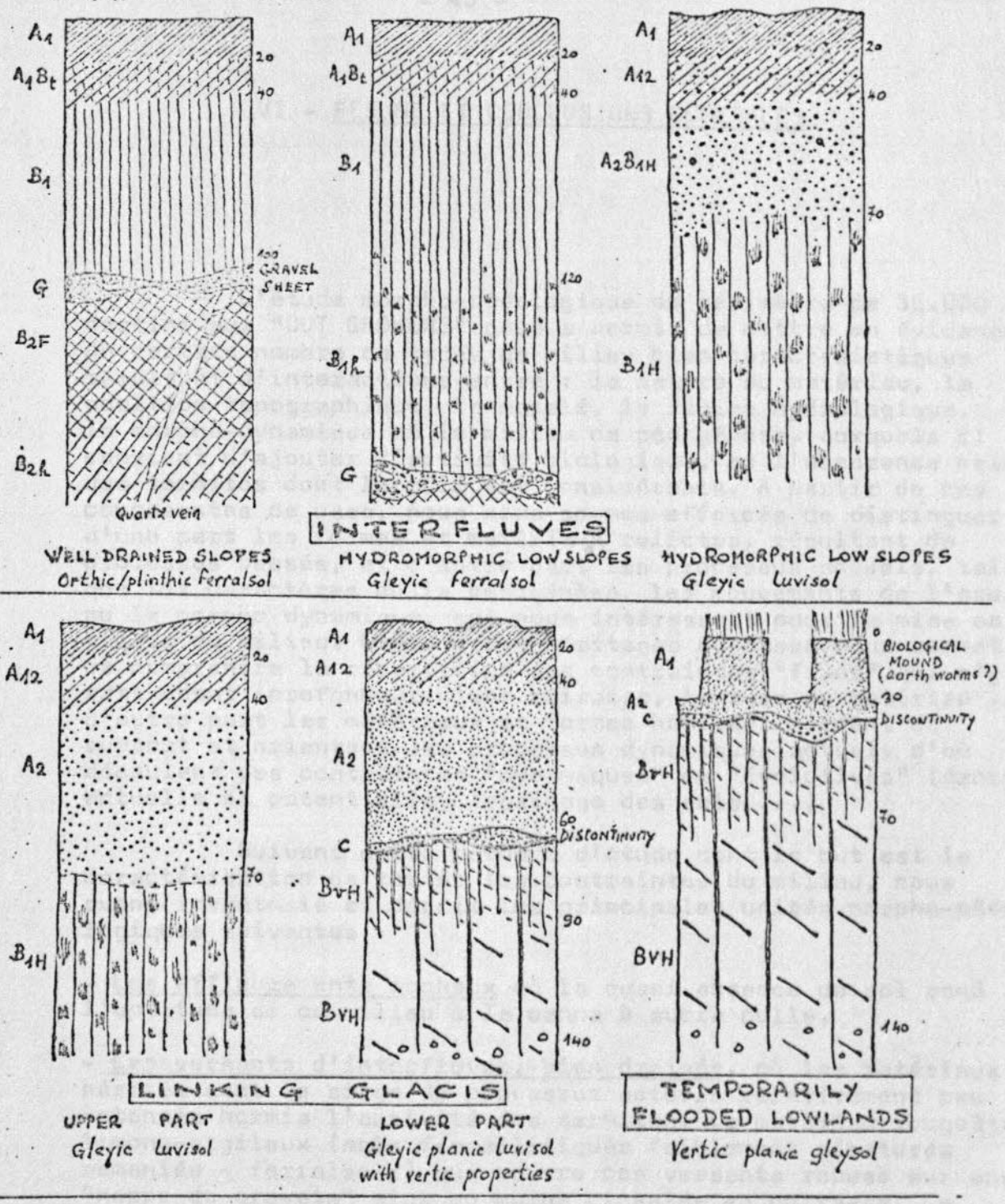
concaves et par là des dégats dans les plantations. La présence de gabions peut se justifier sur les rives les plus exposées.

5 - GLACIS DE RACCORDEMENT ET BAS-FONDS INONDABLES

Ces deux unités, distinguées au cours de la prospection du périmètre du "NUCLEUS ESTATE", n'ont pas fait l'objet d'une étude pour le périmètre "OUT GROWERS" ; ce type de milieu étant écarté à priori.

Nous n'en disons donc rien et invitons à se reporter, en cas de besoin, au rapport concernant la prospection du "NUCLEUS ESTATE".

CHARACTERISTIC PROFILES OF MORPHOPEDOLOGICAL UNITS



VI - RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES

L'étude morpho-pédologique du périmètre de 36.000 ha destiné aux "OUT GROWERS" nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de types de milieu bien caractéristiques résultant d'interactions entre : la nature du matériau, la position topographique, le modelé, le régime hydrologique, la morpho-dynamique et le milieu de pédogénèse, auxquels il convient d'ajouter l'activité biologique, en l'occurence celle des termites dont le rôle est considérable. A partir de ces composantes de base, nous nous sommes efforcés de distinguer d'une part les formes et matériaux relictes, résultant de processus passés, et d'autre part les processus actuels, tels que les caractères de la pédogénèse, les mouvements de l'eau ou la morpho dynamique, qui nous intéressent pour la mise en valeur du milieu. L'étude des héritages du passé nous permet de comprendre la répartition des contraintes "fixes" qui s'y rattachent (profondeur d'une cuirasse, texture du matériau ...); d'autre part les matériaux et formes héritées servent de support et orientent les processus dynamiques actuels d'où découlent des contraintes "dynamiques" ou "évolutives" (érosion actuelle et potentielle, lessivage des sols ...)

Suivant cette méthode d'étude dont le but est la caractérisation de toutes les contraintes du milieu, nous avons inventorié et décrit les principales unités morpho-pédologiques suivantes :

- Les affleurements rocheux où la quasi absence de sol rend l'aptitude de ce milieu à la canne à sucre nulle.

- Les versants d'interfluves, bien drainés, où les matériaux hérités sont le siège de processus actuels relativement peu intenses hormis l'activité des termites. Le matériau rougeâtre limono-argileux (sols ferrallitiques faiblement désaturés remaniés - ferralsols) qui couvre ces versants repose sur une "nappe de gravats" plus ou moins cimentée en cuirasse. Ce matériau possède des propriétés physiques très favorables aux cultures. Les contraintes essentielles proviennent donc de la profondeur de la nappe de gravats ; nous avons défini 4 classes de profondeur : moins de 50 cm (aptitude très médiocre), 50-100 cm (aptitude faible), 100-150 cm (aptitude bonne), plus de 150 cm (aptitude très bonne). Une contrainte commune à tous ces versants est le mésorelief créé par la densité importante de grandes termitières.

SURFACE OF MAIN
MORPHO-PEDOLOGICAL UNITS
(OUT GROWERS ESTATE)

MORPHO-PEDOLOGICAL UNITS		SURFACES (ha)
	SPARSE ROCK OUTCROPS	2 100
WELL DRAINED INTERFLUVES	INDURATED PLINTHITE OR GRAVEL SHEET AT LESS THAN 50 CM DEEP	8 400
	INDURATED PLINTHITE OR GRAVEL SHEET BETWEEN 50 AND 100 CM DEEP	7 200
	INDURATED PLINTHITE OR GRAVEL SHEET BETWEEN 100 AND 150 CM DEEP	6 500
	INDURATED PLINTHITE OR GRAVEL SHEET DEEPER THAN 150 CM	10 800
	ALLUVIAL TERRACE	500

- Les bas de versants hydromorphes caractérisés par l'apparition d'un engorgement dans le sol en saison des pluies. L'aptitude de ces sols pour la culture de la canne à sucre est bonne pour ceux le moins affectés par l'hydromorphie, à moyenne pour ceux subissant un engorgement prolongé et possédant une texture grossière très sensible au décapage.

- Le glacis de raccordement et les bas-fonds inondables affectés par l'émergence de la nappe phréatique provoquant un écoulement hypodermique et un lessivage oblique très important. En absence de drainage la très forte hydromorphie rend l'aptitude de ces sols à la canne à sucre faible.

- La terrasse alluviale qui borde la rivière KUYWA emboitée dans la plaine vertique, dans le glacis de raccordement ou les bas de versants. Le matériau y est très drainant et l'hydromorphie temporaire s'y rencontre rarement au-dessus de 1 m de profondeur. La contrainte éventuelle est le risque de crue exceptionnelle tempérée par un ressuyage rapide. Ces sols ont un e aptitude bonne pour la canne à sucre.

DOCUMENTS CONSULTES

BOOKERS AGRICULTURAL AND TECHNICAL SERVICES - 1974 -
Pre-feasibility study for N'ZOIA SUGAR PROJECT. September 1974

MAKIN (J.), D'COSTA (V), GHOR OBADA (W), HINGA (G) - 1966 -
The soils of the country around Mumias ; incorporated in the Mumias Sugar scheme feasibility study 1965-1966, Henckell Du Buisson (E.A.) Ltd.

GIBSON (A.B.) - 1954 -
Geology of the Broderic Falls Area
Geological survey of Kenya - Nairobi - Report n° 26.

PULFREY (W.) - 1969 -
The geology and mineral resources of Kenya (second revision)
Geological Survey of Kenya - Ministry of Natural Resources
Bulletin n° 9.

PHOTOGRAPHIES AERIENNES :
75/32. N'ZOIA Sugar scheme 1:12,000 - December 1975
75/32. N'ZOIA Sugar scheme 1:20,000 - December 1975

CARTE TOPOGRAPHIQUE AU 1:50,000
Feuille BUNGOMA 88/3.
Feuille BUNYALA 102/1.
Feuille LUGARI 88/4

CARTES TOPOGRAPHIQUES AU 1:5,000
N'ZOIA Sugar Project 1976. Geosurvey international.

-=-=-=-=-=-=-