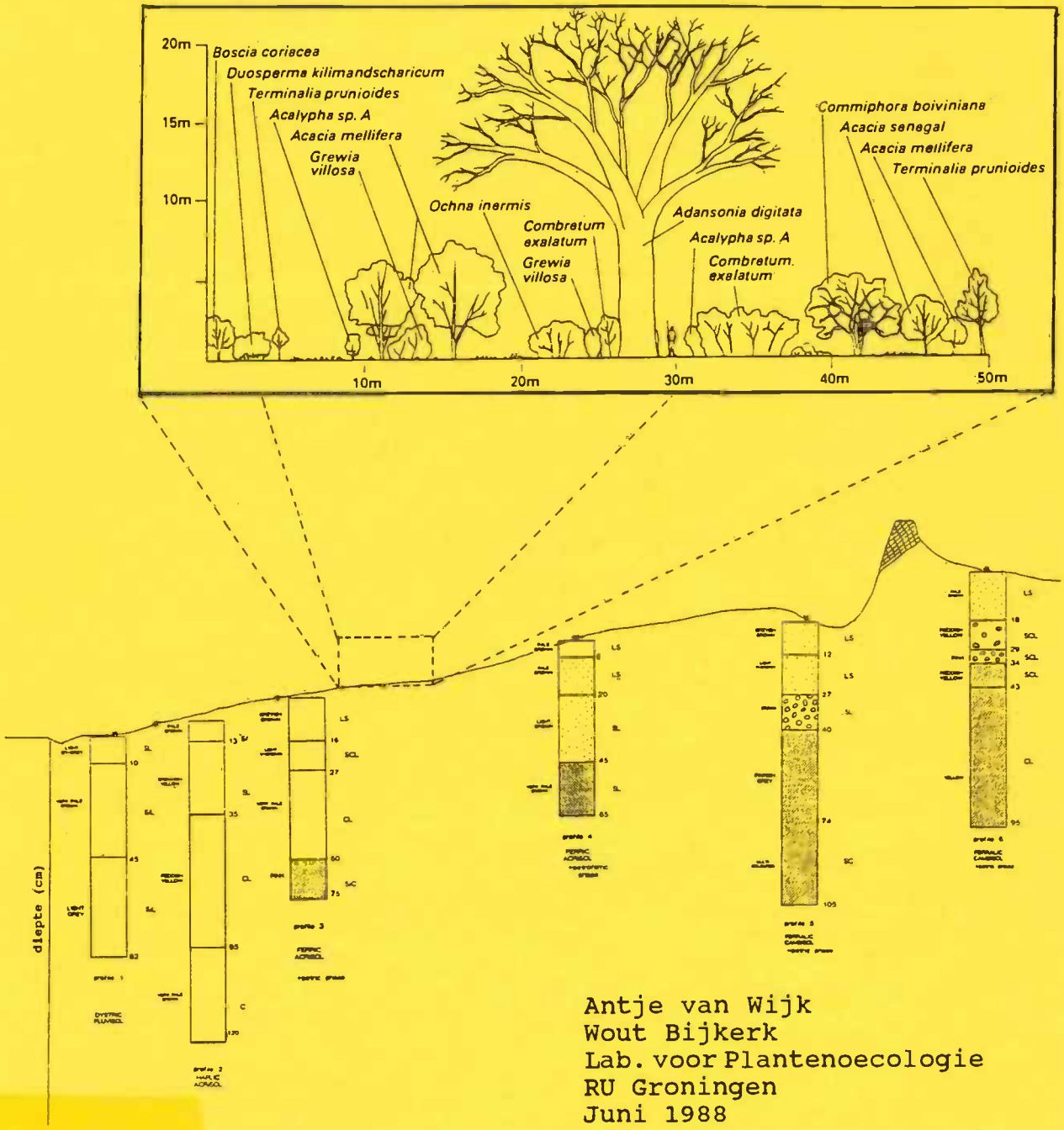
# EEN LANDSCHAPSOECOLOGISCHE KARTERING

# VAN HET NOORD-WESTELIJK DEEL VAN DE PERI-URBANE ZONE RONDOM OUAGADOUGOU, BURKINA FASO.





Antje van Wijk
Wout Bijkerk
Lab. voor Plantenoecologie
RU Groningen

Juni 1988

D 436

DOCTORAALVERSLAG/SCRIPTIE

Vakgroep Plantenoecologie R.U.G.
Biologisch Centrum
Haren (Gn).

Doctoraalverslagen/scripties van de Vakgroep Plantenoecologie zijn interne rapporten, dus geen officiële publicaties.
De inhoud varieert van een eenvoudige bespreking van onderzoeksresultaten tot een concluderende discussie van gegevens in wijder verband.
De conclusies, veelal slechts gesteund door kortlopend onderzoek, zijn meestal van voorlopige aard en komen voor rekening van de auteur(s).

Overname en gebruik van gegevens slechts toegestaan na overleg met auteur(s) en/of Vakgroepbestuur.

Rijksuniversiteit Groningen
Bibliotheek Biologisch Centrum
Kerklaan 30 — Postbus 14
9750 AA HAREN

# EEN LANDSCHAPSOECOLOGISCHE KARTERING VAN HET NOORD-WESTELIJKE DEEL VAN DE PERI-URBANE ZONE RONDOM OUAGADOUGOU, BURKINA FASO.

Wout Bijkerk
Antje van Wijk
Lab. voor plantenoecologie
RU Groningen,
juni 1988

Onder begeleiding van:
prof.dr. J.van Andel, RUG
drs. J.de Leeuw, UO/RUG
I.Zoungrana, UO

**Voorwoord**

In mei 1987 was het dan eindelijk zover, we konden vertrekken naar het verre Afrika met Burkina Faso als einddoel. Daar zouden we als doktoraalstudenten een deel van onze studie gaan invullen in het kader van het samenwerkingsverband van de RUG en de Universiteit van Ouagadougou.
Bij het opzetten en uitwerken hebben we ,na de eerste aarzelende stap, veel steun gehad aan de begeleiding en het enthousiasme van Jelte van Andel. Het idee om over land te gaan werd niet overal met gejuich ontvangen, Madeleine Gardeur zag ons al in 7 zandduinen tegelijk rijden, na de nodige overredingskracht hebben zij en anderen van Buro Buitenland toch voor de afhandeling van de financiele en administratieve kant van het geheel gezorgd. Tijdens de reis hadden we het goede gezelschap van onze vriend Azing Wierda die op weg was naar Ivoorkust. Na een lange,hete maar fantastische reis was het heerlijk bijkomen in het prettige huis van Jan en Goovert de Leeuw in Ouagadougou.
Wat ons werk in Afrika betreft hebben we in de beginperiode veel gehad aan de hulp en ideeen van Jan de Leeuw, daarna vonden we in de persoon van Frank Berding de grote steun en toeverlaat en verzorgde Issiaka Zoungrana de begeleiding op vegetatiekundig gebied. Dankzij de mensen van Bunasols werd onze eerste kennismaking met de droge stenige bodems van Burkina een zeer prettige en leerzame ervaring. De gastvrijheid van de lokale bevolking die we tijdens het veldwerk tegenkwamen zullen we niet snel vergeten. In het byzonder willen we de mensen van Bilgo bedanken, die de bodems trotseerden om de profielkuilen tot stand te brengen. Azing bracht vervolgens vele uren met ons in deze kuilen door om ze uitvoerig te beschrijven. Bunasols en de UO willen we bedanken voor het gebruik maken van hun faciliteiten. Verder waren daar de ORD, het Centre Meteorologique en Direction de l'urbanism die ons vele achtergrondgegevens hebben verstrekt.
Het verblijf in het Maison de passage van de Universiteit werd zeer aangenaam door de aanwezigheid van de guardiens Robert, Saidou, Abdullai en Etienne en door Yaya van wiens gezelschap en haute cuisine we hebben genoten. Verder waren daar de vele bezoekers en last but not least Rene Smelt,de frisse lente uit Twente, bij wie we altijd konden aankloppen.
Bij het uitwerken in Nederland hebben we dankbaar gebruik gemaakt van faciliteiten van de vakgroep Fysische Geografie. Tot slot bedanken we de Bachiene stichting, de RUG en het Groninger Universiteitsfonds, zonder wiens subsidies dit onderzoek niet mogelijk was geweest.

Wout Bijkerk
Antje van Wijk

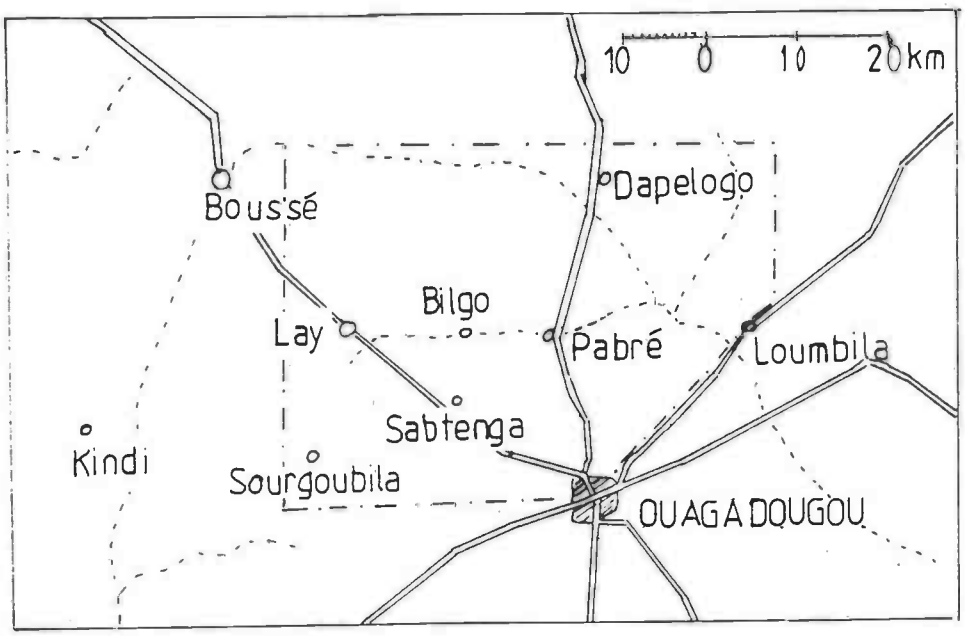
**Inhoudsopgave.**


| | | pag. |
|---|---|---|
| i | Voorwoord | |
| 1 | Inleiding | 3 |
| 2 | Materiaal en methode | 4 |
| 3 | Klimaat | 6 |
| 4 | Landgebruik | 9 |
| | 4.1 Akkerbouw | |
| | 4.2 Veeteelt | 11 |
| 5 | Geologie | 12 |
| 6 | Geomorfologie | 13 |
| | 6.1 Ontstaansgeschiedenis van het reliëf | |
| | 6.1.1 Relief residuel | 14 |
| | 6.1.2 Glacis en terrain ondulant | |
| | 6.1.3 Bas-fonds | 15 |
| 7 | Landschapseenheden | |
| | 7.1 Landschapskaart | 16 |
| | 7.2.1 Reliefs residuels | |
| | 7.2.2 Pentes | 17 |
| | 7.2.3 Plaines (terrain ondulant) | |
| | 7.2.4 Bas-glacis | 19 |
| | 7.2.5 Bas-fonds | |
| 8 | De bodem | |
| | 8.1 Algemeen | 25 |
| | 8.2 Bodemklassifikatie | 26 |
| | 8.2.1 De bodemkaart van het onderzoeksgebied | |
| | 8.2.2 De klassifikatie volgens Boulet | |
| | 8.2.3 De FAO klassifikatie | 32 |
| | 8.3 Chemische eigenschappen | 34 |
| | 8.4 Hydrologische eigenschappen | 39 |
| 9 | De vegetatie | |
| | 9.1 vegetatiestruktuur | 41 |
| | 9.2 vegetatiekompositie | 43 |
| 10 | De oecologie van het gebied | |
| | 10.1 Vegetatie | 47 |
| | 10.1.1 inleiding | |
| | 10.1.2 faktoren die de vegetatie-kompositie en struktuur beinvloeden | 49 |
| | 10.2 Termieten | 54 |
| 11 | Diskussie | 56 |
| 12 | Samenvatting | 61 |
| ii | Literatuurlijst | 63 |
| iii | Bijlagen: | 66 |

1. soortenlijst
2. vegetatietabel
3. beschrijving van de boorprofielen
4. beschrijving van de profielen langs de toposequentie
5. verklarende termenlijst
6. ITC relevesheet
7. geschiktheidsklassifikatie van de verschillende landschapseenheden voor verschillend landgebruik.

## 1. Inleiding.

De peri-urbane zone van Ouagadougou kenmerkt zich door een hoge bevolkingsdruk, met als gevolg een hoge exploitatiedruk op de beschikbare landbouwgronden. Marginale gronden worden in gebruik genomen voor akkerbouw en veeteelt, en de braakperiode van de landbouwgronden wordt steeds verder teruggeschroefd zonder dat daar iets tegenover staat. Erosie, uitputting van de bodem en degradatie van de weidegronden zijn het gevolg.
Het studiegebied, met een totaal oppervlak van zo'n 1000km$^2$, ligt voor een groot deel binnen deze peri-urbane zone en staat aangegeven in figuur 1.




wegen en pistes
waterlopen
studiegebied

fig. 1. Situering van het studiegebied.

Vanuit verschillende ministeries krijgen deze problemen steeds meer aandacht. Momenteel is de Direction Urbanisme bezig met de voorbereidingen voor een landinrichtingsplan voor de peri-urbane zone van Ouagadougou (SABO = Schema d'aménagement du banlieu de Ouagadougou).Ook binnen het oecologie onderwijs aan het Institut Superieur Polytechnique(ISP) van de Universiteit van Ouagadougou wordt hier aandacht aan geschonken.
Het doel van het hier besproken onderzoek was het maken van een landschapsoecologische kaart van het noordelijk deel van de peri-urbane zone. De kartering zou een globaal(vanwege de schaal) inzicht moeten geven in de opbouw van het landschap en de huidige situatie m.b.t. landgebruik, vegetatie en erosieverschijnselen vast moeten leggen.
De resultaten zouden gebruikt moeten kunnen worden binnen het oecologie onderwijs aan het ISP. Bovendien moeten de verzamelde gegevens een basis kunnen vormen voor een landevaluatie om de erosie en degradatiegevoeligheid van de verschillende landschapseenheden en hun geschiktheid voor bepaalde types van landgebruik aan te geven.

## 2. Materiaal en methode.

De kartering is gebaseerd op de landscape guided survey method (Zonneveld '82, zie ook Vossebelt '88). Hierbij is gebruik gemaakt van zwart-wit luchtfoto's met een schaal van ongeveer 1:50.000. De gebruikte luchtfoto's staan vermeld in tabel 2 :

| fotonummer | jaar van opname |
|---|---|
| 4735-4745 | mei 1980 |
| 4654-4664 | mei 1980 |
| 4643-4646 | mei 1980 |
| 7262-7268 | okt.1979 |
| 4626-4629 | okt.1979 |
| 7860-7863 | mei 1980 |

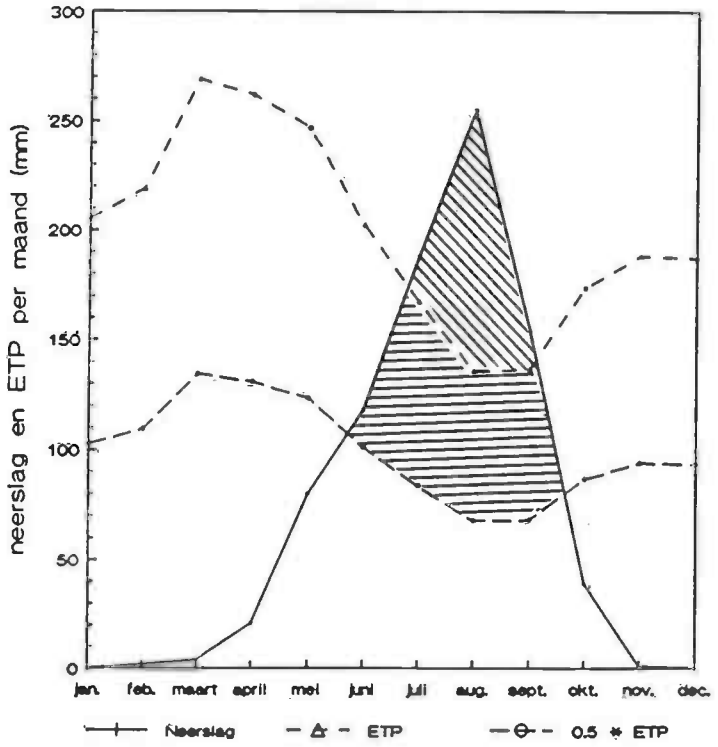
Tabel 2, een overzicht van de gebruikte luchtfoto's.

Aan de hand van deze luchtfoto's, een kort literatuuronderzoek en een verkenning van het terrein is een voorlopige kaart gemaakt. De landschapseenheden van deze kaart zijn gebaseerd op de hoofd terrein eenheden (Bas-fond, cuirasse plateau's, en het er tussen liggende ondulerende terrein) die via grijstoon, textuur en boombedekking onderverdeeld zijn naar vegetatiestruktuur, patroon van kultivatie en bedekking door (geërodeerde) termietenheuvels.
De voorlopige landschapseenheden zijn via een stratified random sampling (ITC uitgave, Vossebelt '88) bemonsterd.
Per monsterpunt is het terrein, de bodem en de vegetatiestruktuur beschreven volgens het ITC-relevee sheet (zie bijlage 3), daarbij gebruik makend van een Edelman grondboor, de Munsell Soil Color Charts, een Hellige pH set en de guidelines for soil profile description (FAO '77). Daarnaast is de presentie en dikte van een korst, en de aanwezigheid van een algenlaagje op het bodemoppervlak beschreven alsmede de stenigheid van het bodemoppervlak, de vochtigheid van het bodemprofiel, het voorkomen van termietenheuvels (grootte en aantal), en heel globaal hoe het gewas erbij stond.
De vegetatie struktuur is beschreven voor kwadraten van 1000 $m^2$, waarin de bedekking van de bomen, struiken en kruidlaag is geschat. De laatste is geschat in een vegetatie met homogene bedekking; indien de bedekking van de kruidlaag diskontinu was is dat genoteerd.
De vegetatiekompositie is beschreven aan hand van de dominante soorten in afzonderlijk de boom-, struik- en kruidlaag. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen de duidelijk dominante soorten en de co-dominante (veel, of in relatief hoge bedekking voorkomende) soorten. Soorten die relatief weinig bedekten zijn niet genoteerd. Deze methode is gevolgd vanwege de tijdsbesparing die het op zou leveren, het feit dat we onze vegetatie typologie in die van Vossebelt zouden passen en vanwege de kleine schaal van karteren. De gebruikte opname grootte voor de vegetatie beschrijving is 1000 $m^2$. Dit is de gangbare opname grootte voor het houtige deel van de vegetatie (Vossebelt '88). We hebben echter om een aantal redenen ook de kruidlaag beschreven op basis van de 1000$m^2$ kwadraten.

De samenstelling van de kruidlaag kan op enkele meters afstand behoorlijk wisselen, vaak zonder een duidelijk aanwijsbare variatie in milieufaktoren. Gezien de bovengenoemde redenen als tijdsdruk en karteringsschaal vonden we het niet wenselijk om de variatie van de kruidlaagvegetatie binnen de 1000m$^2$ te beschrijven.
Naast deze wijze van bemonsteren zijn tussen Sabtenga en Bilgo (30 km ten NW van Ouagadougou) op een toposequentie tussen twee bas-fonds tien profielkuilen gegraven en de profielen uitgebreid beschreven en geklassificeerd volgens FAO richtlijnen (FAO '77 en FAO '87). Uit deze profielen zijn van verschillende horizonten monsters genomen. De bovenste en middelste horizont zijn geanalyseerd op het percentage organische stof, de gehaltes aan totaal stiksof (Kjeldahl-Lauro methode) en het opneembaar fosfaat (volgens Bray).
De middelste en de onderste horizont zijn geanalyseerd op uitwisselbaar Kalium, Natrium, Magnesium en Calcium en op de kationen uitwisselingskapaciteit, CEC (volgens Bascomb), i.v.m. de FAO klassifikatie zijn nl. gegevens nodig over CEC en percentage basenverzadiging van de textuur-B horizont. Voor de waarden van de kationen uitwisselingskapaciteit die zijn bepaald met de Bascomb-methode is een korrektie toegepast omdat deze methode waarden geeft die 10% lager liggen dan de vaak gebruikte maar moeilijke en tijdrovende ammoniumacetaat methode.
Verder hebben we literatuur en gegevens van officiële instanties en onderzoeksgroepen verzameld over vegetatie, bodem, klimaat, landgebruik, opbrensten en plannen die er met betrekking tot het studiegebied leven.
De definitieve landschapseenheden, waarop de uiteindelijke kaart is gebaseerd zijn samengesteld aan de hand van de voorlopige landschapseenheden, de definitieve landschapseenheden van Vossebelt, waar onze kartering bij aan moest sluiten, en de bodem- en vegetatietypen zoals die op basis van de resultaten van het veldwerk zijn opgesteld.

## 3. Klimaat

Het studiegebied valt, met een gemiddelde neerslag van 830 mm per jaar in Ouagadougou (Vossebelt '88), klimatologisch gezien in de Soudanzone (Van Wijngaarden '83).
Er zijn drie seizoenen te onderscheiden:
-De vochtige periode, van juni t/m september.
-De koele droge periode, van oktober t/m januari.
-De warme droge periode, van februari t/m mei.
Het groeiseizoen valt grotendeels samen met de vochtige periode. In fig. 3.1 staat het verloop van de neerslag en potentiële evapotranspiratie weergegeven. Indien de hoeveelheid neerslag meer wordt dan de helft van de potentiële evapotranspiratie (0.5*ETP) dan kan begonnen worden met het gereed maken van het land en kan er gezaaid worden. De periode waarin de neerslag de potentiële evapotranspiratie (ETP) overschrijdt is het eigenlijke groeiseizoen. Als na half september de neerslag weer onder de ETP duikt dan wordt er door de vegetatie geteerd op het resterende beschikbare water dat zich nog in de bodem bevindt.




neerslag> 0.5ETP
neerslag> ETP

Figuur 3.1 Het verloop van de neerslag en potentiële evapotranspiratie rondom Ouagadougou.

Naast een grote wisseling in neerslag tussen de seizoenen kent het studiegebied ook een grote variatie in neerslag tussen opeenvolgende jaren zoals blijkt uit fig 3.2. Zelfs binnen één regenseizoen is de variabiliteit in de neerslag met betrekking tot tijd en plaats erg groot.

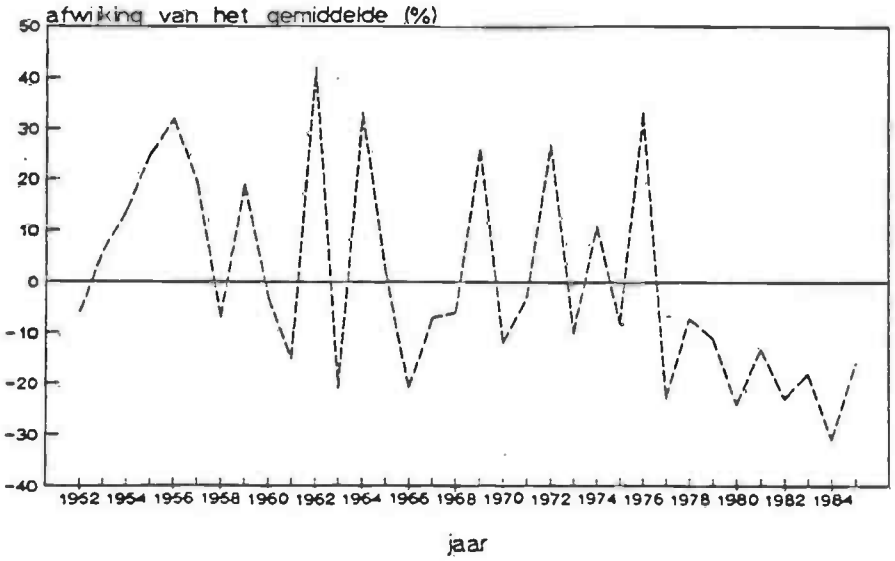
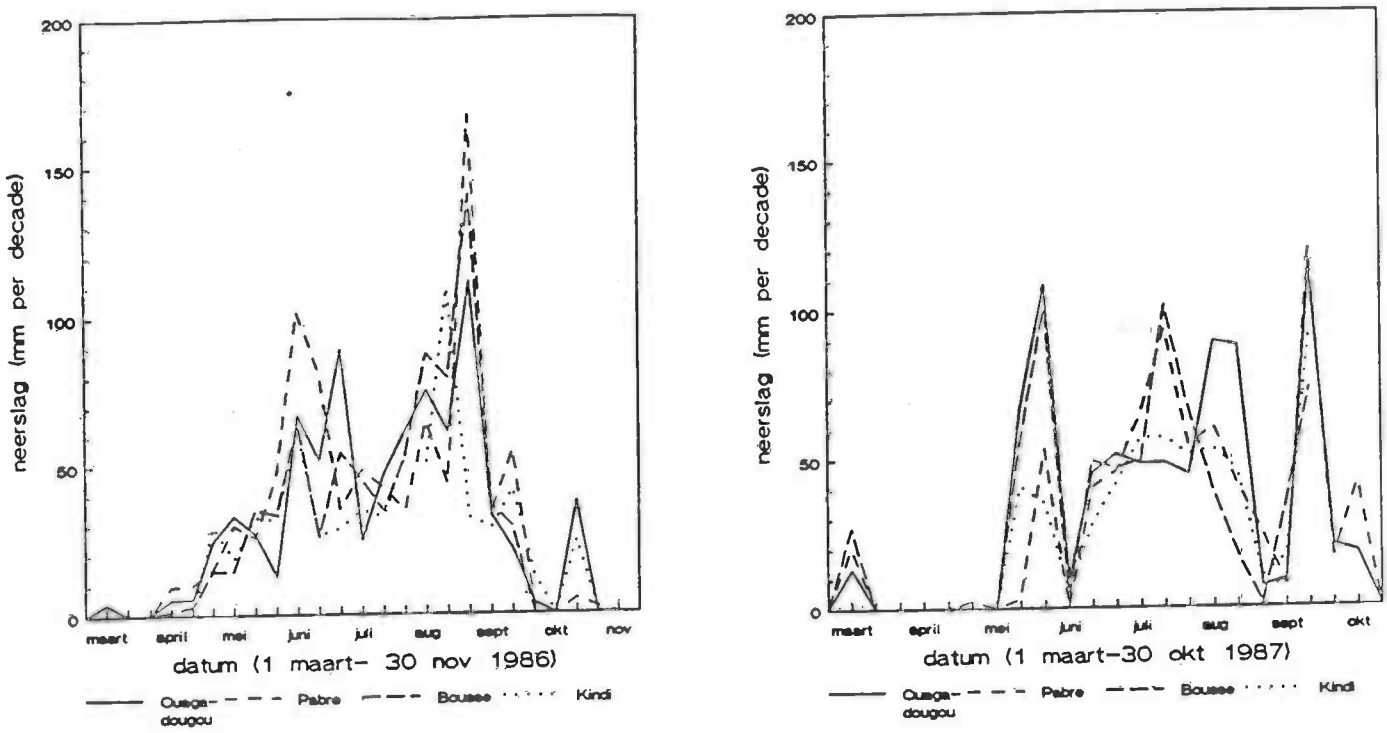



fig. 3.2 Regenvalafwijking (%) van het gemiddelde over de periode 1952-1985 van het regenvalstation Ouagadougou aero. De gemiddelde regenval over deze periode bedraagt 829 mm.

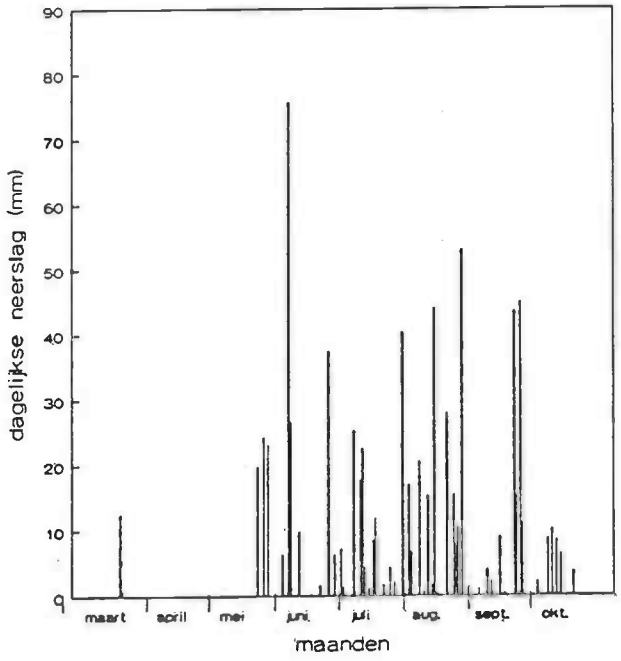
In fig 3.3 staat voor vier stations in en rondom het studiegebied het verloop van de neerslag over het groeiseizoen van '86 en '87 per decade weergegeven. De totale hoeveelheid neerslag per groeiseizoen blijkt voor de diverse stations niet veel te verschillen, maar met name in 1987 zijn er grote verschillen te zien in de hoeveelheid neerslag die per decade op de verschillende stations werd gemeten.

Het grillige verloop van de neerslag over het groeiseizoen dat in fig.3.3 al naar voren komt,blijkt nog duidelijker uit fig 3.4. In deze figuur staat uitgezet: de hoeveelheid neerslag per dag zoals die werd gemeten op Ouagadougou-aeroport. Daarin valt de droogte van de maand september op en het feit dat de totale hoeveelheid neerslag van de maand juni grotendeels bepaald werd door een enorme regenbui in het begin van die maand

Slechts een deel van de neerslag die valt is effektief voor een positieve beinvloeding van het waterbudget van de bodem. Zo moet er minstens 10 mm neerslag vallen wil het effektief zijn, en kan er bij buien van meer dan 20 mm al verlies op treden door runoff (Kowal & Kassam '78).




Figuur 3.3 Verloop van de neerslag in resp. 1986 en 1987 in mm.per decade, voor vier stations. (naar gegevens van het Centre Meteorologique de Ouagadougou)




Figuur 3.4 Verloop van de neerslag in 1987 (in mm per dag) (naar gegevens van het Centre Meteorologique de Ouagadougou)

## 4. Landgebruik.

In het onderzoeksgebied wordt zowel akkerbouw bedreven als sedentaire en transhumane veeteelt.

### 4.1 Akkerbouw.

In het onderzoeksgebied wordt voornamelijk zelfvoorzieningslandbouw bedreven, sorghum (Sorghum bicolor) en mil (Pennisetum typhoides) zijn de belangrijkste gewassen. Door de lage vruchtbaarheid van de bodems moet er een groot areaal verbouwd worden om een voldoende opbrengst te verkrijgen, zo heeft in het dorpje Nedogo een huishouden gemiddeld 7 ha land (Purdue University'83). Er wordt overwegend gebruik gemaakt van traditionele landbouwmethodes; veel families bewerken het land met de hak en sommige boeren gebruiken de houe manga, een ezelsploegje. Het werken met de ploeg heeft als voordeel dat er per arbeidskracht meer land bewerkt kan worden, 33% meer dan met de hand (Purdue University '83). Het is echter niet duidelijk of ploegen leidt tot een hogere produktie per eenheid grond.
Bij de Mossi dorpen zijn verschillende typen velden te onderscheiden op basis van de afstand tot het dorp. Ook zijn aspekten als gebruiksrechten, het verbouwde gewas, en de wijze van kultivatie verschillend per veldtype. De te onderscheiden veldtypen zijn de 'jardins de case', de 'champs de village', de 'champs de brousse' en de 'jardins et vergers de bas-fonds' (Direction de l'urbanisme '84).
De jardins de case liggen direkt om het huis, en hebben een oppervlak van 0.5 ha. Er wordt maïs, gombo (een plant die wordt verwerkt in sausen), piment, aubergines en soms vroegrijpe mil op verbouwd. Ze worden veelal in het regenseisoen geëxploiteerd door vrouwen die de produkten op lokale marktjes verkopen. De jardins de case worden bemest met huishoudelijk afval en met mest van vee dat men er laat overnachten.
De champs de village liggen tussen de huishoudens van een dorp en worden vrijwel kontinu bebouwd zonder braakperiode en bemesting. Op de landschapskaart zijn dit voornamelijk de eenheden Gc1 en (in mindere mate) Uc1. Ze worden bebouwd met mil, sorghum en pinda's (Arachis hypogea), vaak in mengteelt met niébe (Vigna unguiculata) en oseille (Hibiscus sp).
De champs de brousse zijn periodiek gekultiveerde velden die als een krans om de dorpen liggen. De velden worden gebruikt door een huishouden en hebben afhankelijk van het 'belang' van dat huishouden een oppervlakte van 2 tot 8 ha. De afstand van het veld tot het huishouden kan varieren van 3 tot 15 km. Er wordt met name mil en sorghum verbouwd in mengteelt met niebé en oseille. Soms wordt er ook maïs verbouwd (als het vruchtbare gronden betreft) of pinda's (als er voldoende arbeidskrachten aanwezig zijn voor het wieden). Op de landschapskaart zijn dit met name de eenheden Uc2.
Volgens de Direction de l'urbanisme worden de velden 7 tot 10 jaren achtereen gekultiveerd waarna men ze braak laat liggen. De tijdsduur van deze braakperiode hebben we niet kunnen achterhalen, maar uit een gesprek met een vertegenwoordiger van de ORD sous-secteur Pabre bleek dat deze periode de laatste 15 jaar sterk is afgenomen.

Op de jardins et vergers de bas-fonds worden groentes verbouwd zoals kool, tomaten, sperciebonen, uien en aardappelen. Als het geirrigeerde veldjes betreft wordt er in het regenseizoen rijst en in het droge seizoen groente verbouwd. De gehele familie helpt mee met het bewerken van deze veldjes, maar de opbrengst is voor de man die eigenaar van zo'n veldje is.
In vergelijking met het totale oppervlak van de andere typen velden zijn deze velden van relatief weinig belang; ongeveer 1,5 % in het gebied van ORD Centre (AGRISK in prep.).
Rondom Koubri, ten zuidwesten van Ouagadougou, gelegen binnen de peri-urbane zone maar buiten ons onderzoeksgebied, zijn vanuit de Groupements Villagois zogenaamde sensibilisation projekten gestart om langs barrages de teelt van groentes te bevorderen. Hiervoor worden centraal mest en zaaigoed geleverd tegen krediet. Hoewel ook in ons onderzoeksgebied verscheidene barrages zijn en worden aangelegd weten we niet in hoeverre dergelijke projekten ook hier gestart zijn.

Sorghum en mil zijn verreweg de belangrijkste gewassen. In het gebied dat valt onder het ORD Centre (waar ook dit onderzoeksgebied in valt) wordt meer dan 90% van het totaal bebouwde oppervlak met mil en sorghum bebouwd. Sorghum geeft in een goed jaar een hogere opbrengst per ha dan mil en is langer op te slaan, het is echter veel droogte gevoeliger en heeft vruchtbaarder bodems nodig. De keuze tussen het verbouwen van sorghum of mil is dan ook afhankelijk van de hoeveelheid vruchtbare grond en de kans dat het een droog jaar zal worden.
Met name pinda's en rode sorghum worden verhandeld, resp. 58% en 27% van de totale oogst. Van de geoogste mil wordt slechts 8% verkocht (Purdue University '83). Na de oogst wordt er door het familiehoofd beslist hoeveel graan er opgeslagen moet worden voor de voedselvoorziening van het komende jaar. Is de opbrengst van de familie velden voldoende dan mag de opbrengst van de persoonlijke velden verkocht worden. Van dit geld wordt dan vaak kleinvee (schapen en geiten) aangeschaft.
Volgens de Direction de l'urbanisme ('84) zijn vele huishoudens in het gebied niet het gehele jaar zelfvoorzienend in hun voedselvoorziening, hoewel de mate van zelfvoorziening per dorp sterk kan verschillen. Uit onderzoek in Nedogo (Purdue University '83) blijkt in '82 de opbrengst aan granen 180 kg per inwoner te zijn. Kessler en Ohler ('83) stellen dat minimaal een hoeveelheid van 250 kg granen per persoon per jaar nodig is voor de voedselvoorziening, dit lijkt dus de konklusie van de Direction de l'urbanisme te bevestigen.
Uit gesprekken met een aantal Burkinabé lijkt echter dat niet zozeer de oogsten te klein zijn om van te leven, maar dat er een tekort optreedt omdat een deel van de oogsten verkocht moet worden om in inkomsten te voorzien, o.a. voor het afbetalen van kredieten. Om de inkomenspositie van boeren te verbeteren wordt in het SABO (Direction de l'urbanisme '84) dan ook voorgesteld om de verbouw van marktgewassen (pinda's en groenten) te stimuleren. In het gebied dat onder de ORD Centre valt, vindt men de voor Burkina Faso hoogste verhouding tussen in kultuur gebracht oppervlak en totaal oppervlak, namelijk 16% (AGRISK in prep.). Volgens Vossebelt ('88) is door vergelijking van luchtfoto's uit verschillende jaren duidelijk te zien dat met

name rond Ouagadougou meer en meer de voor akkerbouw marginaal geschikte gronden gekultiveerd worden. Uit de gegevens van de ORD Centre (AGRISK in prep.) blijkt echter dat in de periode van 1970 tot 1985 het oppervlak bebouwde grond met 0.5% is afgenomen.
In ieder geval leidt de hoge dichtheid aan kultuurgronden tot problemen voor de veeteelt.

**4.2 Veeteelt.**

In het gebied treft men zowel transhumane als sedentaire veeteelt aan.
Bij transhumane veeteelt (trekveeteelt), die door de Peulh wordt bedreven, trekken de kuddes tussen de Sahelzone (natte seizoen) en de Soudanzone (droge seizoen) heen en weer. De Peulh hebben eigen kuddes met koeien maar hoeden vaak ook kuddes van de Mossi. In ruil hiervoor mogen de Peulh vrouwen de melk verkopen en de mannen worden betaald met kalveren of geld.
De sedentaire veeteelt komt voor een groot deel voort uit het feit dat de meeste akkerbouwers (Mossi) wel enkele schapen,geiten en 1 a 2 koeien bezitten.
Volgens sommige auteurs (Kessler en Kohler '83 en Geerling (mond.med.) is er te weinig integratie tussen akkerbouw en veeteelt. Toch maken beide sektoren wel gebruik van elkaar; het vee van een huishouden wordt 's nacht rond de champs de case geplaatst voor bemesting, de Peulh verkopen mest (Min. de l'equipement '85) en gedurende de maanden oktober tot december zijn de oogstresten van mil, sorghum, maïs en het (kwalitatief voedselrijke) loof van pinda's en niebé belangrijke voedselbronnen voor het vee.
De bottleneck voor de veeteelt is het eind van het droge seizoen. In het onderzoeksgebied is het aanbod van voedsel van voldoende kwaliteit dan op zijn laagst. De dieren zijn dan aangewezen op hergroei van meerjarige grassen en op de bladeren van bomen en struiken. De trekveeteelt kan dit probleem enigszins omzeilen door de koeien een dieet van weinig maar eiwitrijk voedsel in kombinatie met eiwitarm voedsel te laten eten. Bovendien neemt het voedselaanbod naar het noorden weliswaar af maar de kwaliteit neemt toe. Een andere belangrijke beperking voor de veeteelt is het hierboven al genoemde gebrek aan weidegronden als gevolg van het grote areaal in kultuur gebracht land (Vossebelt '88).
Het kleinvee heeft in feite de funktie van een wandelende spaarpot. Heeft iemand geld gespaard dan belegt hij dat in vee, heeft hij geld nodig dan verkoopt hij vee. In slechte jaren, d.w.z. jaren met een slechte oogst, zal het aanbod van kleinvee dan ook groot zijn en de prijzen daardoor laag. In een goed jaar daarentegen zal de vraag naar kleinvee groot zijn, het aanbod klein en de prijzen dus hoog.Daarnaast is dit vee de leverancier van vlees ten tijde van feesten.

Kessler en Kohler ('83) noemen dat voor 1 ha kontinu bebouwd land, een hoeveelheid mest nodig zou zijn van vee dat graast op 12 ha weidegrond.
De mogelijkheden van 'cultures fourageres' die aan het vee bijgevoerd zouden kunnen worden is beperkt,boeren hebben vaak de tijd niet om hier aandacht aan te besteden en bovendien is de hoeveelheid land voor akkerbouw toch al beperkt.

## 5.Geologie.

Geologisch gezien bestaat Burkina Faso voor drie kwart uit een Precambrisch plateau,dat twee grote geologische formaties omvat: het Antebirrimien (Precambrium D) en het Birrimien (Precambrium C).Het Antebirrimien bestaat vnl. uit granitoiden: graniet en migmatiet. Het Birrimien bestaat uit zeer diverse rotsen als vulkanieten, pyroklasten, vulkaansedimenten en kwartsiet. Dit gesteente wordt aangetroffen in de vorm van ketens met een NNO-ZZW orientatie. De formaties uit het Birrimien, die vaak gelateriseerd zijn, en enkele granietformaties, liggen ten grondslag aan het relief dat in het midden van het land wordt aangetroffen In het onderzoeksgebied is vooral (of alleen) het Precambrium D van belang.
Cuirasse, dat onder invloed van het klimaat op verschillende gesteentes is gevormd, treft men in het hele land aan.In het algemeen komen ze meer voor nabij gesteente uit het Birrimien. De dikte kan varieren van 50 cm tot meer dan 10 m. Ze worden vaak aangetroffen als tafelvormige heuvels, waarvan de hoogte korrespondeert met een oud nivo van peneplanatie en die onderhevig zijn aan aktuele erosie.
Tot slot zijn recente alluviale afzettingen van belang, die worden aangetroffen als stroken langs de grotere rivieren.
(Atlas de la Haute Volta)

## 6. Geomorfologie.

Burkina Faso is voor driekwart een uitgestrekt, zacht golvend tot vlak plateau, gelegen op 250-300m hoogte. Het vormt een zeer monotoon landschap met slechts hier en daar een boven het plateau uitstekende granietrots of lage heuvelrug(Atlas de la Haute Volta).
Door Roose wordt het granietlandschap van Gonse, dat karakteristiek is voor het Mossi plateau,als volgt omschreven:
'het wordt gekarakteriseerd door zwakke hellingen en een slechte externe drainage.Het bestaat uit enigszins verheven harde heuvels en korte puinhelling(helling 2-4%) een lange grindhelling (0.5-1%) en een smalle band van geërodeerde okergronden (helling 2-3%) langs de kleine tijdelijke rivierbeddingen (Vossebelt,1988).

### 6.1 Ontstaansgeschiedenis van het relief.

De geomorfologie in de savannezone is voor een groot deel bepaald door verwering, erosie en laterietvorming. **Verwering** is een fundamenteel geomorfologisch proces, zeker in de tropen waar verweringsprocessen en produkten een dominante rol spelen in de vorming van het landschap (McFarlane,1976).
Het landschap van Burkina Faso is karakteristiek voor de savannezone. In de loop van miljoenen jaren is het oppervlak van Afrika blootgesteld geweest aan erosie waardoor enorme pediplains zijn ontstaan. Er zijn verschillende erosiecycli te onderscheiden en de resten van iedere pediplain zijn op verschillende hoogtes terug te vinden, waarbij de hoogste plateaus overeenkomen met het oudste erosieoppervlak (Pritchard, 1979).
De vlakte van het Mossi plateau is ontstaan door sterke erosie van het Precambrisch plateau. De geisoleerd staande rotsmassa's die de erosie hebben weerstaan komen in verschillende vormen voor. Als een schakel van heuvels met een top bestaande uit hard zandsteen of kwartsiet, als inselbergs van graniet of als tafelvormige laterietheuvels (Atlas de la Haute Volta). In figuur 6.1 zijn enkele landvormen te zien die ontstaan zijn als gevolg van erosie.

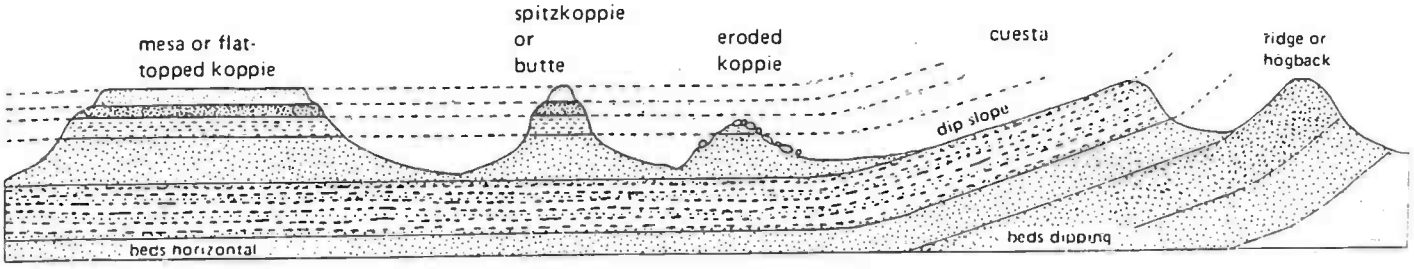



Fig. 6.1 Enkele landvormen die zijn ontstaan als gevolg van erosieprocessen. (uit:Pritchard,1979)

### 6.1.1 relief residuel

Als gevolg van ferralisatie en plintisatie (zie par 7.1) kan respektievelijk een relatieve akkumulatie van ijzer en aluminium sesquioxides in de bodem op zwakke hellingen en een absulute akkumulatie in de laagste terreindelen optreden.Dit ijzer kan vervolgens neerslaan in droge seizoenen of een droger wordend klimaat. In figuur 6.2 staat een doorsnede van het savanne landschap weergegeven met karakteristieke cuirasse plateaus, waarin tevens de lokalisatie van laterietvorming is aangegeven.
Op de hellingen kan het reeds neergeslagen ijzer weer gemobiliseerd worden en uitgespoeld. De laterietvorming in het bas-glacis kan echter de eerste stap zijn van een inversie van het relief, een belangrijk tropisch verschijnsel. Als de duurzaamheid voldoende is en vooral als klimaatsschommelingen de laterisering van de hellingen onderbreken, komt het vaak voor dat alleen de lage delen van het relief overblijven en worden getransformeerd tot cuirasse plateaus.
De verschillende reliefinversies worden bevorderd door de heterogeniteit van het moedergesteente. Zandsteen en kwartsiet, die de neiging hebben tot recementatie onder invloed van afwisselend natte en droge seizoenen, veroorzaken altijd het relief residuel in gebieden met een lang droog seizoen. Ze weerstaan de erosie beter dan bv graniet en gneiss (Tricart, 1974).Dit verschijnsel ligt waarschijnlijk ook ten grondslag aan het voorkomen van de ketens met een NNO-ZZW orientatie op het Mossi plateau, die zijn ontstaan als gevolg van laterisatie van de kwartsitische Birrimien formaties (zie h.geologie). Daartussen liggen grote vlaktes die zijn uitgesleten in graniet en gneiss.

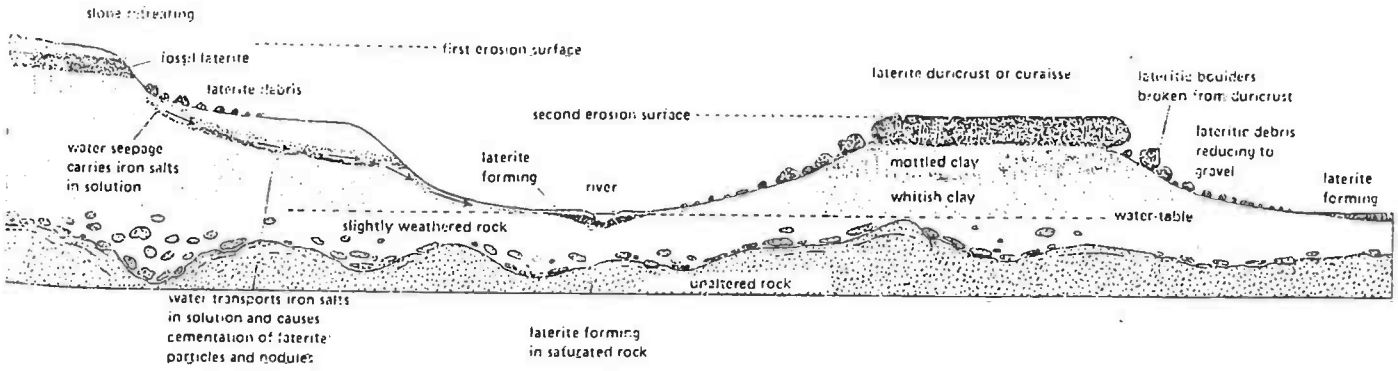



Fig. 6.2 Laterietvorming en mesa landvormen in het savannelandschap. (uit:Pritchard,1979)

### 6.1.2 glacis en terrain ondulant

De geleidelijke, zwakke hellingen van het hoge reliëf naar de vloedvlaktes:de glacis, die de zwak golvende vlaktes vormen, zijn ontstaan als gevolg van afstromend oppervlaktewater.
Deze vlaktes ontwikkelen zich voornamelijk in gebieden waar gesteente aan het oppervlak komt dat gemakkelijk verweerbaar is en wordt gereduceerd tot puin dat door diffuse afstroming wordt weggevoerd. Door regenerosie ontstaan dus platte vlaktes met veel grind op het oppervlak. In de diepte zorgt infiltrerend

regenwater voor ferrugineuse konkreties of beginnend lateriet.
Op het hoge deel van het glacis vindt diffuse afstroming plaats, beginnend met grote plassen die zich vormen tijdens stortbuien. In het algemeen is er een koncentratie van kwarts en ferrugineuse gravillons aan het oppervlak. De bodems zijn vaak weinig geëvolueerd.
Op het lage deel bevindt zich een zone met gekoncentreerde afstroming. In het zandig kolluvium worden kleine tijdelijke beddingen met zandige bodems en steile oevers ingesneden (-ravins). De kracht van de gekoncentreerde afstroming is afhankelijk van de mate waarin de vegetatie is gedegradeerd en de reliëfintensiteit.
Aktuele processen in de savannes maken een reduktie van het reliëf door pediplanatie nog steeds mogelijk. Het grootste deel van het reliëf is echter al gereduceerd en het grootste deel van de glacis overleeft dan ook, meer dan dat ze zich vormen.

### 6.1.3 bas-fonds

In gebieden met een lang droog seizoen zijn de insnijdingen vaak niet al te sterk. Van de bovenloop naar de benedenloop is een overgang te zien van tijdelijke overstromingen naar valleien die gedurende langere tijd overstroomd zijn.
Aan de bovenloop worden valleien met vlakke bodem, zonder duidelijke bedding aangetroffen, die tijdens de regens geïnundeerd en drassig zijn. Er staat een dichte vegetatie van hoge grassen . Vanwege de diffuse afstroming vindt er vaak een koncentratie van kwarts en ferrugineus grind plaats, vooral als er cuirasse op de waterscheidingen aanwezig is.
De benedenloop wordt gekarakteriseerd door valleien die gedurende lange tijd overstroomd zijn en alleen tijdens het droge seizoen langzaam opdrogen. Het alluvium is fijner, rijker aan leem en klei dan in de bas-fonds van de bovenloop en zijrivieren. Dit is gedeeltelijk het resultaat van sortering waardoor het grovere zand eerder neerslaat, daarnaast is een snellere verwering belangrijk. Er kan grondwaterlateriet gevormd worden maar verwering speelt de belangrijkste rol en vaak kan dan ook 10 m. of meer gegraven worden voordat vast gesteente aangetroffen wordt (Tricart,1974).

## 7 Landschapseenheden.

### 7.1 Legenda van de landschapskaart.

Het onderzoeksgebied is, op basis van de geomorfologie van het gebied, onderverdeeld in 5 hoofdlandschappen. Deze hoofdeenheden zijn weer onderverdeeld in sublandschappen, waarbij het voorkomen van termietenheuvels en de vegetatiestruktuur de belangrijkste onderscheidingskriteria zijn. In totaal zijn er zo 22 landschapseenheden onderscheiden, die hierna beschreven zullen worden.
In figuur 7.1 is een schematische doorsnede van het landschap weergegeven, waarin de hoofdeenheden staan aangegeven en tevens een grove indeling van de bodemtypes(FAO en ORSTOM klassifikatie) die op verschillende lokaties van de toposequentie van belang zijn.
Doordat naast de geomorfologie, vele andere faktoren van belang zijn voor de karakteristieken van de landschapseenheden, kunnen bepaalde eenheden uit verschillende hoofdklasses meer overeenkomsten vertonen dan bepaalde eenheden uit eenzelfde hoofdklasse. In figuur 7.2 zijn de eenheden in een verwantschapsschema geplaatst; hoe dichter ze bij elkaar staan, des te meer komen ze met elkaar overeen.
In tabel 7 staan de opnames geordend per landschapseenheid en wordt per opname vermeld: het reliëf type, vegetatie-struktuur en -type, bodemtype, hoeveelheid beschikbaar water (AWC), drainage, run-off, overstromingsfrequentie, type en intensiteit van versnelde erosie en het aantal en de grootte van de termietenheuvels.

### 7.2.1 Reliefs residuels

Dit zijn de hoge delen in het terrein:alleenstaande heuvels of lage heuvelruggen.Er is onderscheid gemaakt tussen de cuirasse- en de overige toppen.
De **'niveaux cuirassés' (C1)** zijn de cuirasseheuvels, die vaak een opvallende steilwand hebben. Het cuirasse komt er aan de oppervlakte dat bovendien zeer grinderig is. De vegetatie wordt gekarakteriseerd door grassen en struiken, bomen ontbreken of er komen af en toe enkele zeer kleine(kleiner dan 5m) boompjes voor. Guiera senegalensis-Elionorus elegans is het meest voorkomend vegetatietype met een struikgewas of struik-grasland struktuur. Een enkele keer kan ook een Zornia glochidiata- Combretum micranthum vegetatie voorkomen. Termitières ontbreken;er worden algemeen sporen van sterke sheeterosie aangetroffen.
De **'niveaux érodées'(C2e)** omvatten de hoogste delen van de heuvels(buttes) of heuvelruggen De bodems van de 'buttes' zijn ondiep en zeer grinderig met een goede tot enigszins excessieve drainage. Er is een snelle afstroming van oppervlaktewater en er vindt dan ook sterke sheet of rill erosie plaats. Kleine en middelgrote termitières komen veel voor. De Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis vegetatie wordt aangetroffen met een struikgewasstruktuur of het Setaria pallidefusca-Tamarindus indica type indien het jonge braaklanden betreft.
De **affleurements de granite (C2a)** zijn de terreindelen waar het graniet plaatselijk aan het oppervlak komt of er boven uit steekt , hier worden matig diepe tot diepe bodems aangetroffen waarop

voornamelijk struikgewas staat van het vegetatietype Butyrospermum parkii-Pennisetum pedicellatum, Zornia glochidiata-Combretum micranthum of Cymbopogon schoenanthus-Sterculia setigera. De bodems zijn niet of licht grinderig met een goede tot redelijke drainage. Af en toe worden velden in deze eenheid aangetroffen.

**7.2.2 Pentes.**
Hieronder worden verstaan de hellingen naar de hoogste terreindelen. Het betreft relatief steile hellingen (1-4%) met een goed gedraineerde, licht tot zeer grinderige bodem met veel grind en eventueel cuirassebrokken aan het oppervlak.
De Pentes gravillonaires(**Pg**) zijn meestal hellingen naar de cuirassetoppen, soms is de echte top al weggeërodeerd en zijn alleen de grindhellingen nog over. Hieronder vallen de meest steile hellingen van de hoofdeenheid met een hellingspercentage van 2-4. De bodems zijn zeer ondiep en grinderig met bovendien veel grind aan het oppervlak(60-100%) en cuirassebrokken of stenen. Termietenheuvels zijn er niet aangetroffen. Het vegetatieaspekt wordt voornamelijk bepaald door struiken en grassen, net als in **C1** ontbreken bomen hier vrijwel geheel. De vegetatie is van het type Guiera senegalensis-Elionorus elegans of Andropogon ascinoides-Piliostigma reticulatum met een struik-grasland of struikgewas struktuur.
**Pt1 en Pt2** worden beide gekarakteriseerd door het voorkomen van termietenheuvels. Ze zijn van elkaar onderscheiden op grond van de vegetatiestruktuur, in **Pt1** komen nauwelijks tot geen bomen voor terwijl ze in **Pt2** wel voorkomen.
In **Pt1** worden ondiepe tot diepe, zeer grinderige bodems aangetroffen en ook op het oppervlak ligt veel grind en grotere cuirassebrokken. Daarop staat een vegetatie van voornamelijk Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis daarnaast komt ook de Andropogon ascinoides-Piliostigma reticulatum en Loudetia togoensis-Guiera senegalensis gemeenschap voor, met een struikgewas struktuur. Er worden algemeen sporen van sheeterosie aangetroffen, varierend van lichte tot vrij ernstige vormen. Vraatsporen werden ook regelmatig gesignaleerd.
In **Pt2** ligt er evenals in Pt1 veel grind aan het oppervlak. Er bevinden zich ondiepe bodems die zeer grinderig kunnen zijn en een dicht struikgewas of dicht bebost struikgewas van het type Andropogon ascinoides-Piliostigma reticulatum of Loudetia togoensis-Guiera senegalensis. Ook hier worden ernstige vormen van sheeterosie waargenomen.
De eenheid **Pd** wordt gekenmerkt door een dichte vegetatie. Er werd een vrij diepe bodem aangetroffen,die echter op korte afstand sterk wisselt. De bodem was licht grinderig, goed gedraineerd en bedekt door een dicht boom-struikgewas van het type Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis.
In **Pe** zijn geen opnames gemaakt. Deze terreindelen zijn op de luchtfoto's onderscheiden op grond van het voorkomen van een grotendeels kaal oppervlak, waarschijnlijk ontstaan door het wegeroderen van grote termietenheuvels die in grote getale voorkomen. Het betreft steeds kleine oppervlaktes in gebieden met veel reliefs residuels.

**7.2.3 Plaines (Terrain ondulant).**
Het grootste deel van het gebied wordt in beslag genomen door dit

zwak golvend terrein. De bodems variëren van ondiep tot diep en licht tot zeer grinderig met een redelijk tot goede drainage. De hellingen zijn zwak (minder dan 2%) en er worden algemeen sporen van sheeterosie aangetroffen.

De grindvlaktes **Ug** worden voornamelijk aangetroffen aan de voet van de hellingen. Meestal komen er geen termitieres voor of het beperkt zich tot enkele kleine tot middelgrote. De bodem is matig ondiep en zeer grinderig met zo'n 40 a 50 % grind aan het oppervlak. De vegetatie wordt gevormd door de Andropogon ascinoides gemeenschap met een struikgewas struktuur. Deze eenheid vertoont veel overeenkomsten met **Pg** .
**Ud** wordt gekenmerkt door een relatief dichte, natuurlijke vegetatie van het type Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis, Loudetia togoensis-Guiera senegalensis of Zornia glochidiata-Combretum micrantum met een dicht struikgewas of bebost dicht struikgewas struktuur. Op enkele plaatsen is er Eucalyptus aangeplant (**Uda**) Deze eenheid vertoont veel overeenkomsten met **Pd**. De bodems varieren van ondiep en zeer grinderig tot diep en licht grinderig met een zandig-lemige bovengrond en redelijke tot slechte drainage en vaak een grinderig oppervlak. Naast enkele grote komen er vooral veel kleine termietenheuvels voor en meestal vindt er begrazing plaats.
De eenheden **Ut1 en Ut2** zijn op grond van het voorkomen van veel termietenheuvels onderscheiden.
**Ut1** is vooral geassocieerd met de hogere terreindelen. Het kan overeenkomsten vertonen met de grindvlaktes en draagt dan een Butyrospermum parkii-Pennisetum pedicellatum vegetatie met struikgewas struktuur. Als het op relatief hooggelegen plaatsen voorkomt zijn er vaak overeenkomsten met eenheid **C2**, de vegetatie is dichter en van het type: Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis. De bodems zijn matig ondiep en zeer grinderig.
**Ut2** vertoont meer overeenkomsten met de cultuurgronden, naast velden (vegetatietype:Pennisetum typhoides) worden er veel jacheres aangetroffen. De vegetatie bestaat uit het Setaria pallidefusca-Tamarindus indica, Zornia glochidiata-Combretum micranthum of Cymbopogon schoenanthus-Sterculia setigera type met een struktuur die varieert van boom- of struik-grasland tot struikgewas met bomen. De bodems zijn meestal matig diep tot diep en licht grinderig, soms zeer grinderig, met een goede drainage.
De intensief in cultuur gebrachte en bewoonde gebieden **Uc1**, bevinden zich zowel op diepe als ondiepe bodems, die vrijwel altijd grinderig zijn en goed gedraineerd. Naast sheet erosie zijn ook vaak rills waargenomen. De vegetatie wordt vrijwel geheel bepaald door het Pennisetum typhoides-Butyrospermum type met een boom-grasland struktuur. Een enkele keer worden velden met een Sorghum bicolor-Zornia glochidiata vegetatie aangetroffen of braaklanden met Setaria pallidefusca-Tamarindus indica.
Eenheid **Uc2** is minder intensief in cultuur gebracht dan Uc1 en naast velden worden dan ook veel meer jacheres aangetroffen met een vegetatie van het Setaria pallidefusca-Tamarindus indica type. Daarnaast worden ook Andropogon ascinoides-Piliostigma reticulatum, Cymbopogon schoenanthus- Sterculia setigera en een enkele keer een Butyrospermum parkii-Pennisetum pedicellatum vegetatie aangetroffen. De struktuur wordt veel meer bepaald door struiken en bestaat uit boom-struikgewas of struik-grasland met

wat bomen. Verder onderscheidt Uc2 zich van Uc1 door het algemeen voorkomen van termietenheuvels en een meer grinderig oppervlak; bovendien is hier nooit rill erosie gekonstateerd en wordt er wat minder bewoning aangetroffen. Soms is Uc2 min of meer een mozaiek van Uc1 en Ut2.

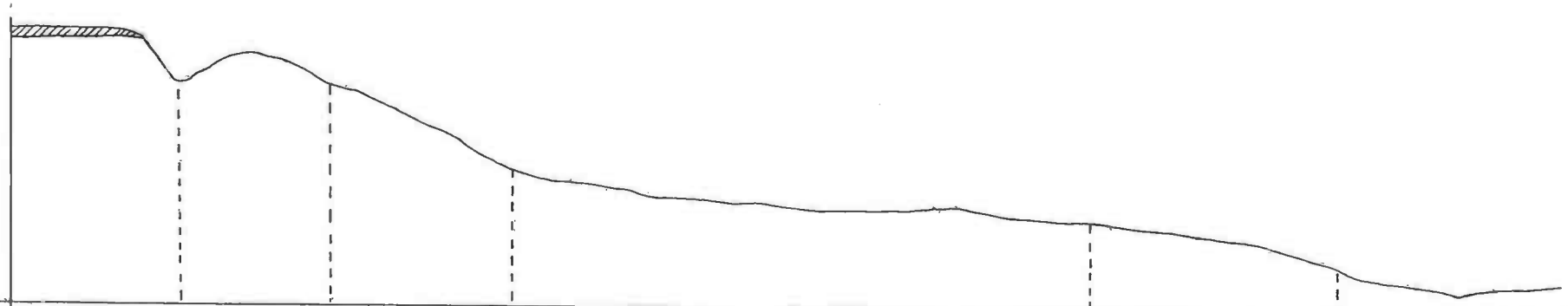
**7.2.4 Bas-Glacis.**
Hieronder wordt het lage deel van de hellingen verstaan die aan het bas-fond grenzen. De bodems zijn in het algemeen diep, kleiig en niet grinderig met een onvolledige of redelijke drainage.Het overgrote deel van het bas-glacis is in kultuur gebracht.

In **Gc1** liggen vrijwel alleen velden, de vegetatie wordt dan ook bepaald door Pennisetum typhoides-Butyrospermum parkii met een boom-grasland struktuur. Soms staat er op de velden een Sorghum bicolor-Zornia glochidiata vegetatie of liggen velden braak met een Setaria pallidefusca-Tamarindus indica vegetatie. Hoewel de hellingen over het algemeen vrij zwak zijn (1 a 2%), komen naast sterke sheet erosie regelmatig rills voor. Termitieres ontbreken en de eenheden worden meestal relatief dicht bewoond.
**Gc2** bevat eveneens kultuurgronden, daarnaast worden veel braaklanden aangetroffen met een Loudetia togoensis-Guiera senegalensis, Cymbopogon schoenanthus-Sterculia setigera of Zornia glochidiata-Combretum micranthum vegetatie. De struktuur wordt veel meer bepaald door struiken en kan varieren van boom- struikgrasland tot struikgewas met bomen.Verder onderscheidt deze eenheid zich van de vorige door het voorkomen van enkele tot vele grote en kleine termitieres en kan het oppervlak licht grinderig zijn. Daarnaast zijn deze gronden minder onderhevig aan erosie.
De sterk geërodeerde, vrijwel kale en meestal relatief steile hellingen (**Ge**) dragen een Balanites aegyptiaca-Zornia glochidiata vegetatie . Er kunnen ook wat struiken voorkomen maar wat bomen betreft blijft het beperkt tot hier en daar een kleine Balanites. De kombinatie steile helling, vrijwel kaal oppervlak en sterke afstroming doordat de bodem dichtslaat als gevolg van leemafzetting, zorgen voor rill of gully erosie. Er kunnen termietenheuvels voorkomen . Vaak is het oppervlak grinderig, lokaal tot 80%, en de bodems bleken dermate hard en droog dat boren vrijwel onmogelijk is.
De eenheden **Gt en Gd** kunnen worden aangetroffen als het relief residuel zeer dicht naast een bas-fond ligt. Er is dus een overgang top-bas-glacis-basfond, deze eenheden komen dan ook sterk overeen met respektievelijk **Pt en Pd.**
In beide eenheden is slechts een opname gemaakt. In **Gt** werd een ondiepe zeer grinderige bodem gevonden met daarop een Loudetia togoensis-Guiera senegalensis vegetatie met een struik-grasland struktuur en veel kleine termietenheuvels.
**Gd** wordt evenals Ud en Pd gekenmerkt door een dichte vegetatie met veel bomen, er werd dan ook een bebost dicht struikgewas aangetroffen van vegetatietype Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis. De bodem is vrij ondiep en redelijk gedraineerd.

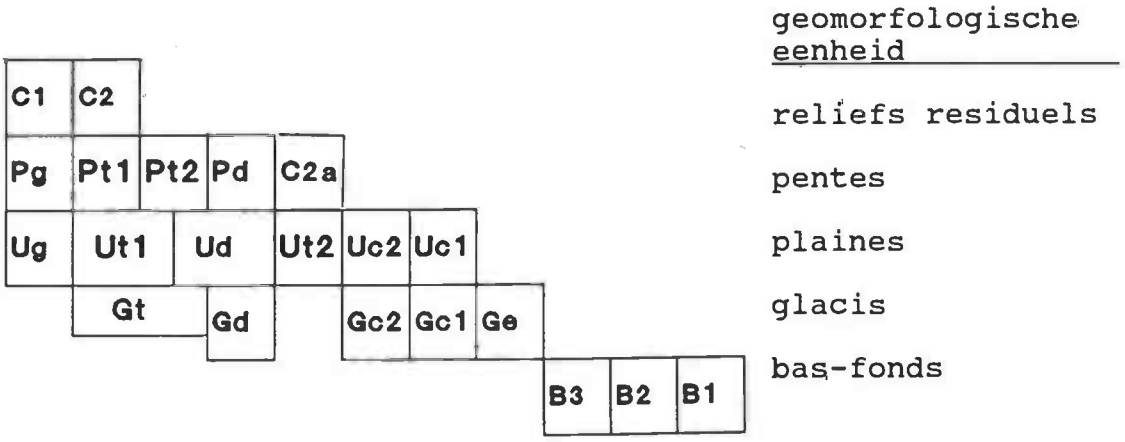
**7.2.5 Bas-fonds**
In de riviervlaktes bevinden zich diepe kleiige bodems met een slechte tot matige drainage. De vegetatie is over het algemeen vrij dicht, met een totale bedekking van 70-90%. Meestal worden

vraatsporen gevonden, een enkele keer ook kultuurgronden. Er is hooguit sprake van lichte sheeterosie en termitieres komen er niet voor.
In de brede benedenloop **B1**, die frekwent regelmatig overstroomd wordt, werd een diepe kleiige bodem met veel mottling aangetroffen. De vegetatie van Mytragina inermis-Andropogon pseudapricus is zeer dicht, opvallend zijn de grote struiken en de geleidelijke overgang van struiken naar bomen.Op de bovenrand is er vaak een lemige bovengrond op de lemig kleiige ondergrond. De bodems worden er minder vaak overstroomd, zijn dan ook droger,de mottles beginnen dieper in het profiel en zijn minder talrijk en er is vaak een korst van ongeveer 2mm.Er kan een dichte Combretum micranthum-Balanites aegyptiaca vegetatie staan. Op jacheres daarentegen is de vegetatie opener:
boom-struik-grasland van het type Butyrospermum parkii-Pennisetum pedicellatum.
In de bovenloop **(B2)** van de tijdelijke rivieren wordt voornamelijk het vegetatietype Panicum laetum-Pennisetum pedicellatum met een dicht struikgewas struktuur aangetroffen, een enkele keer Combretum micranthum-Balanites aegyptiaca. Hier bevinden zich, evenals in B1, diepe kleiige bodems die echter iets droger zijn en minder mottling vertonen.Soms zijn de gronden in kultuur gebracht, op een braakliggend veld werd de meest algemene vegetatie van Panicum laetum-Pennisetum pedicellatum aangetroffen, maar nu met een boom-grasland struktuur.
In de depressies**(B3)** kan de bodem diep, kleiig en zeer nat zijn met veel mottling die op geringe diepte begint en een hoge grondwaterstand. Dan staat er evenals in B1 een dicht boomstruikgewas van Mytragina inermis-Andropogon pseudapricus. Deze depressies en dan met name de buitenranden kunnen ook droger en lemiger zijn met mottles op grotere diepte. In dat geval worden vaak velden en braaklanden aangetroffen met een open Butyrospermum parkii-Pennisetum pedicellatum gemeenschap.

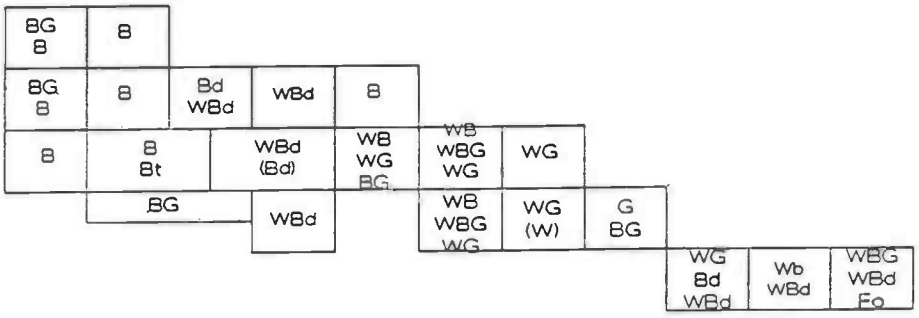
Figuur 7.1 Schematische dwarsdoorsnede van het landschap met de indeling in hoofdlandschappen waarbij tevens is aangegeven welke bodemtypes voor de verschillende eenheden van belang zijn.



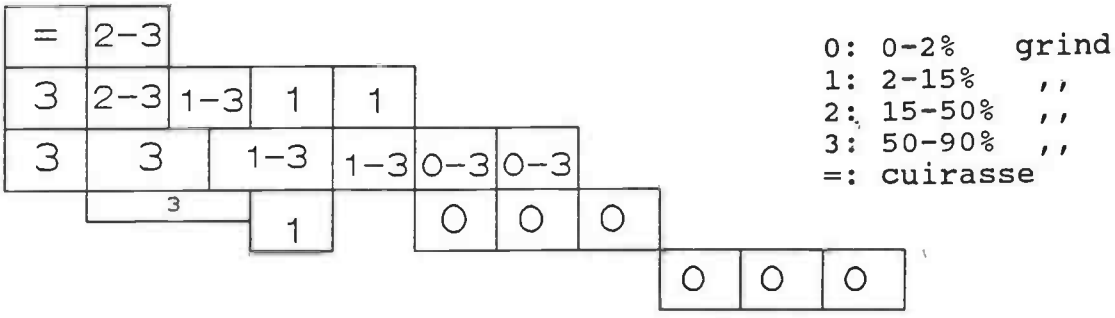
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unité Geomorphologique | | RELIEFS RESIDUELS | | PENTES | PLAINES | BAS-GLACIS | BAS-FOND |
| | | Niveau Cuirassée | Niveau Erodée | | | | |
| SOLS | ORSTOM | Lithosol sur cuirasse | Peu evoluée d'érosion ass. à Lithosols | Sol ferrugineux tropicaux remaniee et ± induree | Sol ferrugineux tropicaux hydromorphe et induree | | Sol hydromorphe alluvio-colluviaux |
| | FAO | Lithosol | | Cambisol | Acrisol (ferrique) | Acrisol (haplique) | Fluvisol |
| | | | | ± phase petrique ou petropherrique | | | |



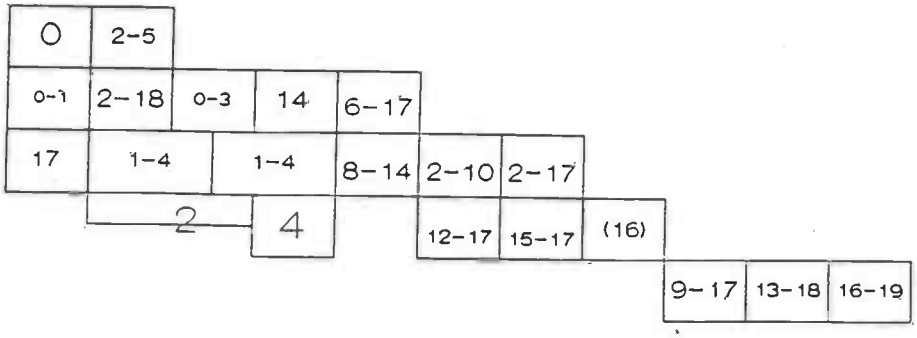

Figuur 7.2 Verwantschapsschema van de landschapseenheden.




7.2a de vegetatiestruktuurtypes per landschapseenheid.




7.2b de grinderigheid van de bovenste 30cm van de bodems in de verschillende landschapseenheden.




7.2c de AWC (in cm) per landschapseenheid.

Tabel 7. Enkele karakteristieken van de opnames, geordend per landschapseenheid.

| code | no | rel. type | vegetation str. | vegetation type | type du sol | AWC | drai-nage | run-off | floo-ding | erosion type | erosion int. | termitieres nombre | termitieres grand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | 14 | 3 | BG | ZgCm | 5.2 | 0 | tr | r | - | ri | m | | |
| | 55 | 4 | B | GsEe | 5.2 | 0 | i | tr | - | n | s | – | |
| | 65 | 4 | BG | GsEe | 5.2 | 0 | i | r | - | n | b | – | |
| C2e | 15 | 2 | B | CfMs | 5.1 | 2 | pe | r | - | ri | m | pn | p+m |
| | 59 | 2 | B | CfMs | 5.1 | 2 | b | r | - | n | f | n | p+m |
| | 33 | 3 | B | SpTi | 4 | 5 | b | m | - | n | m | n | p+m |
| C2a | 4 | 2 | B | ZgCm | 3.1 | 6 | b | r | - | n | f | | |
| | 29 | 2 | B | BpPp | 4 | 18 | m | m | - | n | f | q | g |
| | 34 | 2 | B | CsSs | 1 | 17 | i | r | - | n | s | n | g |
| Pg | 54 | 3 | B | AaPr | 5.1 | 1 | b | tr | - | n | s | r | m |
| | 64 | 4 | BG | GsEe | 5.2 | 0 | i | tr | - | ra | m | – | |
| Pt1 | 12 | 3 | B | LtGs | 6 | 2 | i | r | - | ri | b | q | m |
| | 48 | 3 | B | AaPr | 5.1 | 3 | b | r | - | n | m | q | m |
| | 72 | 3 | B | CfMs | 3.2 | 17 | b | | - | n | b | | |
| | 73 | 2 | B | CfMs | 4 | 18 | b | | - | n | tb | n | p+g |
| Pt2 | 51 | | Bd | LtGs | 5.1 | 0 | b | m | - | n | b | – | |
| | 52 | 3 | WBd | AaPr | 5.2 | 3 | b | r | - | n | s | n | p+m |
| Pd | 23 | 3 | WBD | CfMs | 4 | 14 | b | m | - | n | m | r | p |
| Ug | 63 | 2 | B | AaPr | 4 | 17 | m | r | - | n | f | q | m |
| Ut1 | 6 | 2 | B | BpPp | 5.1 | 1 | tr | m | - | n | b | q | g |
| | 38 | 3 | | CfMs | 5.2 | 4 | m | m | - | n | s | n | g |
| Ud | 43 | 2 | WBd | LtGs | 5.2 | 1 | m | tr | - | n | f | n | p+m |
| | 45 | 3 | WBd | ZgCm | 5.1 | 3 | b | m | - | ri | b | q | p+m |
| | 71 | 3 | Bd | CfMs | 3.2 | 4 | b | | - | n | b | q | p+g |
| Ut2 | 1 | 1 | BG | ZgCm | 4 | 14 | b | tl | - | n | tb | n | g |
| | 3 | 1 | WBG | SpTi | 2 | 8 | m | tl | - | n | b | pn | p |
| | 10 | 2 | WG | PtBp | 6 | | b | m | - | n | m | | |
| | 57 | 3 | WB | CsSs | 6 | | m | l | - | n | m | n | p+m |
| | 74 | 3 | WB | SpTi | 3.1 | 14 | b | | - | n | tb | q | g |
| Uc2 | 31 | 2 | WG | SpTi | 5.2 | 3 | m | l | - | n | f | r | |
| | 39 | 2 | WB | SpTi | 5.1 | 6 | b | m | - | n | s | r | |
| | 16 | 3 | Bd | SpTi | 5.2 | 5 | m | m | - | n | f | | |
| | 27 | | WB | SpTi | 5.1 | 2 | b | m | - | n | m | q | m |
| | 19 | 2 | WB | CsSs | 5.2 | 5 | m | m | - | n | f | – | |
| | 5 | 2 | WB | BpPp | 4 | 9 | m | m | - | n | f | – | |
| | 11 | 3 | WBG | AaPr | 5.1 | | b | r | - | n | f | q | m |
| | 69 | 2 | WBG | AaPr | 3.2 | 10 | b | | - | n | b | q | m+g |
| Uc1 | 13 | | WG | PtBp | 5.2 | 6 | m | m | - | n | f | p | m |
| | 66 | 2 | WG | PtBp | 4 | 17 | m | m | - | n | s | | |
| | 30 | 1 | WG | PtBp | 5.2 | 2 | b | l | - | n | b | q | |
| | 32 | 2 | WG | PtBp | 2 | 10 | b | r | - | ri | m | | |
| | 53 | 3 | WG | PtBp | 5.2 | 4 | i | r | - | ri | tb | q | g |
| | 41 | 2 | WG | PtBp | 2 | 9 | m | m | - | ri | b | – | |
| | 42 | 2 | WG | PtBp | 5.2 | 4 | b | m | - | n | m | – | |
| | 37 | 3 | WG | SbZg | 2 | 17 | m | l | - | ri | b | r | |
| | 28 | 2 | WG | SpTi | 3.2 | 5 | m | l | - | n | b | n | m+g |
| | 70 | 2 | WBG | SpTi | 3.2 | 5 | b | | - | n | m | q | |

Tabel 7. vervolg

| code | no | rel. type | vegetation str. | vegetation type | type du sol | AWC | drai-nage | run-off | floo-ding | erosion type | erosion int. | termitieres nombre | termitieres grand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gt | 21 | 2 | BG | LtGs | 5.1 | 2 | m | r | - | n | s | pn | p |
| Gd | 44 | 2 | WBd | CfMs | 6 | 4 | m | m | - | n | m | n | p |
| Gc2 | 60 | 2 | | PtBp | 1 | 17 | i | m | - | ri | m | _ | |
| | 24 | 3 | WBG | SbZg | 3.2 | 16 | b | m | - | n | m | n | p+m |
| | 36 | 2 | B | ZgCm | 2 | 12 | i | m | - | n | m | n | g |
| | 56 | 2 | WB | LtGs | 3.1 | 13 | b | l | - | n | b | n | p+m |
| | 22 | 3 | WBG | CsSs | 1 | 15 | m | r | - | n | m | r | p |
| Gc1 | 26 | 2 | WG | PtBp | 1 | 17 | m | m | - | n | f | | |
| | 35 | 3 | WG | PtBp | 1 | 17 | m | m | - | ri | b | r | |
| | 40 | 2 | WG | PtBp | 3.3 | 17 | i | tr | - | ri | m | q | m |
| | 49 | 2 | W | PtBp | 2 | 16 | i | r | - | ri | m | _ | |
| | 8 | 3 | WG | SbZg | 3.2 | 17 | m | l | - | n | b | _ | |
| | 7 | 2 | WG | SbZg | 4 | 15 | m | m | - | n | f | | |
| | 75 | 3 | WG | SpTi | 3.3 | 17 | m | | | n | m | | |
| Ge | 17 | 2 | BG | BaZg | 6 | | r | r | | ri | f | q | |
| | 20 | 3 | G | BaZg | 6 | | m | tr | ir | ri | s | _ | |
| | 46 | 2 | G | BaZg | 6 | | | tr | - | ri | f | | |
| | 61 | 3 | G | BaZg | 6 | | m | tr | ir | ra | m | n | p+m |
| | 68 | 3 | BG | BaZg | 3.2 | 16 | pe | | | ri | m | q | g |
| B3 | 2 | 3 | WB | GsEe | 3.1 | 9 | m | m | ir | n | b | _ | |
| | 25 | 2 | WB | GsEe | 4 | 17 | r | l | fr | - | | r | |
| | 50 | 2 | WBd | MiAp | 1 | 17 | tr | tl | fr | n | tb | _ | |
| B2 | 58 | 2 | Bd | PlPp | 1 | 17 | r | l | fr | n | b | _ | |
| | 67 | 3 | WBd | PlPp | 4 | 13 | m | | | n | tb | _ | |
| | 76 | 2 | WG | PlPp | 1 | 18 | m | tl | fr | _ | | _ | |
| | 18 | | WBd | CmBa | 1 | 16 | b | l | fr | _ | | _ | |
| B1 | 9 | 2 | WBG | GsEe | 3.1 | 16 | r | m | ir | n | b | _ | |
| | 47 | 2 | Fo | CmBa | 3.3 | 18 | b | m | fi | n | m | _ | |
| | 62 | 2 | WBd | MiAp | 1 | 19 | i | tl | fr | _ | | _ | |

verklaring van de gebruikte afkortingen.

type du sol: zie tabel 8.2
structure de vegetation: zie figuur 9.1
type de vegetation:zie figuur 9.3
drainage:l=lent; i=imparfait; m=modere; b=bon; pe=peu excessif;
r=rapid; tr=tres rapid.
run-off (ecoulement): tl=tres lent; l=lent; m=modere; r=rapid; tr=tres rapid.
'flooding':fr=frequent regulier; fi=frequent irregulier;
ir=irregulier rare.
type d'erosion: n=en nappe; ri=en rigoles; ra=ravinement.
intensite d'erosion:tb=tres bas; b=bas; m=modere; f=fort;s=severe.
nombre des termitieres: r=rare; q=quelques; pn=peu mombreuses; n=nombreuses.
grandeur des termitieres:p=petites; m=moyennes; g=grandes.
type de relief:1=plat(flat); 2=quasi plat (almost flat); 3=ondule (undulating);
4=vallonne (rolling).

## 8. De bodem.

### 8.1 algemeen

In het savannegebied tussen de 500 en 1200 mm isohyeten domineren de ferrugene bodems. Volgens d'Hoore (Jones and Wild,1975) beslaat dit bodemtype 58% van het totale gebied.
Ferrugene bodems (Fr:Sols ferrugineux tropicaux) worden voornamelijk op kwartsrijk moedermateriaal gevormd, zoals graniet, gneiss of sedimentair materiaal, in klimaten met een afwisselend droog en nat seizoen waarbij het droge seizoen mimimaal enkele maanden duurt.

De belangrijkste **bodemprocessen** zijn:
1.**ferralisatie** (voorheen ook wel laterisatie genoemd).
Dit gekompliceerde proces bestaat uit een intensieve verwering, gepaard gaand met hydrolyse van silica.Door het perkolerend regenwater vindt er uitspoeling van basen en silica plaats, resulterend in een relatieve akkumulatie van ijzer en aluminium sesquioxyden, een lage basenverzadiging en pH. Bovendien wordt er kaolinitische klei gevormd.

2.**plintisatie** kan optreden in bodems met hydromorfe kenmerken. Het is de mobilisatie, transport en (absolute) akkumulatie van ijzerverbindingen waardoor plintiet (ook wel grondwaterlateriet genoemd) gevormd wordt. Dit is kleiig materiaal dat rijk is aan sesquioxyden en meestal voorkomt als rood of roodachtige mottles in een blauwgrijze matrix. Het wordt gevormd onder invloed van een fluktuerende waterstand. In natte toestand is het zacht, in droge toestand treedt er een irreversibele verharding op door dehydratie. Het harde materiaal wordt vaak 'ironstone' genoemd, dat kan zowel in de vorm van konkreties (FAO:petric phase), gecementeerde konkreties (FAO:petroferric phase;Fr:carapace) of als 'hardpan' (FAO:petroplintiet;Fr:cuirasse) voorkomen.

3.**verplaatsing van klei.**
Een vorm van podsolisatie waarbij fijne kleideeltjes uit de A- naar de B-horizont spoelen, waardoor vaak een textural B (=argillic B) horizont ontstaat.

Als gevolg van deze processen zijn de ,over het algemeen oude, bodems sterk verweerd,is de basenverzadiging over het algemeen gering en bestaat de kleifraktie voornamelijk uit kaolinitische klei met een lage kationen uitwisselingskapaciteit en weinig mineralenreserves. De bodemvruchtbaarheid is dan ook meestal gering. Daarnaast is er een zandige of lemige oppervlaktelaag ontstaan met een slechte struktuurstabiliteit, met als gevolg: erosiegevoeligheid, korstvorming en run-off. Door korstvorming, wordt de infiltratie belemmerd en neemt de oppervlakte-afstroming van water toe.In het algemeen wordt erosie in savannegebieden als een serieus probleem gezien, dat zelfs nog in ernst lijkt toe te nemen. Sheeterosie vormt een, meestal onzichtbaar, gevaar dat spektakulaire vormen aan kan nemen (Jones and Wild,1975).

Doordat de bodems vaak geërodeerd zijn, kan de B of C horizont aan het oppervlak komen. Veel van het geërodeerde materiaal wordt afgezet in valleien of depressies waarin dan een nieuw ABC profiel gevormd kan worden.'Stonelines en stonepavements'(keienvloertjes) komen regelmatig voor (Buring,1970).
Binnen de brede groep van ferrugene bodems komt een grote variatie voor. Daarnaast bestaan er veel tussenvormen met andere bodemtypes, waarvan de belangrijkste zijn: ferralitische bodems, lithosols, hydromorfe bodems en vertisols.

In het veld werd vaak waargenomen dat bodemdiepte en samenstelling op korte afstand sterk kunnen wisselen. Deze **variabiliteit** is een bekend verschijnsel in West-Afrika. De plaatselijke verschillen in bodemgesteldheid hangen voornamelijk samen met verschillen in bodemwaterhuishouding. Deze is op haar beurt weer nauw gekorreleerd met de diepte van bodemontwikkeling, topografische ligging en de aard van het moedermateriaal (Klaver 1982). Deze natuurlijke variabiliteit wordt vaak verstoord door menselijke aktiviteiten. Ten eerste door het landbouwpatroon, waarbij de permanent bebouwde velden rond de dorpen regelmatig bemest worden en de verder gelegen 'brousse' velden nooit bemest worden en in het algemeen in fallow-systeem liggen. De bodemvruchtbaarheid neemt daardoor geleidelijk af met toenemende afstand van de dorpen of nederzettingen.
Bovendien wordt door termieten en bomen nog eens een mikro-variabiliteit veroorzaakt. De invloed van termieten komt in par. 10.2 ter sprake. Bomen geven onder andere bescherming tegen erosie en nutrienten uitspoeling, terwijl leguminosen als Acacia albida een positief effekt hebben op de bodemvruchtbaarheid door stikstoffixatie (Stoop,1987).

## 8.2 Bodemklassifikatie.

Er bestaan meerdere bodemklassifikatiesystemen, die verschillen wat betreft doel en methode waarmee geklassificeerd wordt.
De Franse klassifikatie die in West-Afrika algemeen wordt toegepast voor karteringen, is voornamelijk gebaseerd op de bodemvorming. Dit systeem zal in de volgende paragraaf ter sprake komen.
Omdat deze klassifikatie minder geschikt is voor landbouwkundige toepassingen is door Boulet(1976) een toegepaste klassifikatie ontworpen. Deze is gebaseerd op de Franse maar er zijn ook andere fysische en chemische parameters in betrokken (zie par 8.2.2).
Binnen het Burkinese bodeminstituut BUNASOL bestaat de tendens om van de traditionele Franse klassifikatie over te stappen naar die van de FAO. Dit, op wereldwijde schaal toegepaste systeem, gaat meer uit van bodemeigenschappen dan van de bodemvorming.

### 8.2.1 De bodemkaart van het onderzoeksgebied.

De bodems van Burkina Faso zijn in kaart gebracht door het ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer). Daarbij is de **Franse bodemklassifikatie** gehanteerd, die werd ontwikkeld door G.Aubert en P.Duchaufour. Zij hebben zeven hoofd-

klasses onderscheiden, voornamelijk op grond van de wijze en intensiteit van profielontwikkeling. Bij de SOLS MINERAUX BRUTS is er helemaal geen sprake van bodemevolutie geweest en de SOLS PEU EVOLUES hebben slechts in zeer beperkte mate een ontwikkeling doorgemaakt. In alle overige hoofdklassen is er tenminste een horizont aanwezig waarin het moedermateriaal een verandering heeft ondergaan.
Naast de mate en wijze van bodemevolutie worden als onderscheidingskriteria gehanteerd: fysisch-chemische bodemkondities, samenstelling en verdeling van de organische stof en aanwezigheid van hydromorfe of halomorfe verschijnselen.

In figuur 8.1 is de bodemkaart van het onderzoeksgebied weergegeven met het deel van de legenda dat hier van belang is.
Uit deze kaart blijkt al dat er twee bodemtypen zijn, die verreweg het grootste deel van het oppervlak beslaan.Hieronder zullen de voorkomende typen kort besproken worden. (naar:Etude pedologique de la Haute Volta, region Centre-Sud)

SOLS HYDROMORPHES mineraux a pseudogley.
SOLS A PSEUDOGLEY HERITE
sur materiau argilo-sableux bigarreassociations a Lithosols sur cuirasses ferrugineuses et sols ferrugineux tropicaux remanies sur materiau argilo-sableux en profondeur.(50)

Dit bodemtype neemt het grootste deel van het totale oppervlak in. De fenomenen van ferrugenisatie (mottles,konkreties,carapace) zijn voornamelijk van oude oorsprong en/of subaktueel.Aktuele hydromorfe verschijnselen kunnen over deze oude ferrugenisatie effekten heenkomen. Aangezien ook hydromorfie zich hier meestal uit in de vorm van mottles en konkreties, is het moeilijk deze effekten van elkaar te onderscheiden hoewel het aandeel van laatstgenoemd verschijnsel gering lijkt. Naast aktuele kunnen ook vroegere hydromorfe omstandigheden verantwoordelijk zijn voor deze ijzerakkumulaties.Hierdoor komt het vaak voor dat als hydromorf geklassificeerde bodems geen **aktuele** hydromorfie vertonen.

Het moedermateriaal van deze bodems wordt gevormd door het oude gelateriseerde midden-glacis(zie geomorfologie). Intensiteit en type van ijzerakkumulatie in dit oude materiaal, die de basis van het profiel vormt, is variabel en afhankelijk van de mate waarin dit oude nivo geërodeerd is. Het kan bestaan uit:
-cuirasse(dat de erosie dus heeft weerstaan) of carapace
-materiaal met zeer veel ijzer of ijzer-mangaan konkreties, waarbij de intensiteit van konkretie vorming afneemt met de diepte en overgaat in pseudogley.
-zandige klei met ferrugineuse impregnatie in de vorm van grote rode of roest vlekken, die vaak zwart in het centrum zijn. Afhankelijk van de mate van verharding van deze mottles kan het overgaan in een vrij zacht carapace. Naar beneden neemt de intensiteit van ferrugenisatie geleidelijk af.

Het oude materiaal is bedekt door een bodemlaag dat in meerdere fases is afgezet en bestaat uit:
-zandige klei en/of slecht gesorteerd grinderig materiaal uit de eerste afzettingsfase.
-zand tot kleiig zand, dat is aangevoerd door oppervlaktewater afstroming, daardoor beter gesorteerd en armer aan klei.

Het totale profiel is een pseudoprofiel van de SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX lessive a taches et concretions ou a carapace ou cuirasse'.

SOLS PEU EVOLUES hydromorphes, facies modal.
famille sur materiau gravillonaire.
associations a Lithosols sur cuirasse ferrugineuse (13).

De Sols peu evolues zijn in dit gebied van aanzienlijk belang. Sinds de vorming van het huidige oppervlak heeft het kaolinitisch materiaal slechts een zeer zwakke bodemkundige evolutie doorgemaakt. Alleen door de effekten van organisch materiaal in de bovenste laag is er sprake van enige bodemdifferentiatie **in situ**. In de hydromorfe bodems komen hier verschijnselen van hydromorfie overheen.
De familie wordt gekenmerkt door een grinderige laag en dan ook vaak aangeduid als 'sols gravillonaires'. Het is een zeer heterogene groep, zowel wat betreft hun diepte als samenstelling. Vaak zijn het bodems van zo'n 70 a 75 cm maar ze kunnen ook een diepte van 1 a 1.5 m bereiken. De grinderige laag kan tot aan de oppervlakte reiken of bedekt zijn door een andere bodemlaag. Deze toplaag kan in dikte varieren van 10 tot 45 cm en zeer verschillend van textuur zijn: zand, kleiig zand, zandige klei, klei, lemige klei dan wel kleiige leem, soms meer of minder grinderig. Binnen deze laag kunnen soms twee verschillende horizonten onderscheiden worden die al dan niet verschillend van textuur kunnen zijn.
In de toplaag kan een slechte drainage zich uiten in de vorm van een massieve struktuur. In de gravillonaire laag is de hydromorfie meestal zichtbaar als rode, gele of roestvlekken, die meer naar beneden groter en massaler kunnen worden.
Onder de gravillonaire laag bevindt zich cuirasse of carapace.
De Sols gravillonaires hebben geen specifieke uiterlijke kenmerken, behalve wanneer de gravillonaire laag tot aan het oppervlak komt. Het vaak voorkomen van een niet-gravillonaire laag aan het oppervlak en de niet-specifieke vegetatie (vaak een savanneparklandschap met Butyrospermum), maakt dat ze vaak lijken op de bodems van het type Ferrugineux tropicaux.

associations a Sols halomorphes (15).
Dit type neemt slechts een klein deel van het totale oppervlak in. Ze worden gekenmerkt door relatief veel oplosbare zouten in het bodemwater of dominantie van uitwisselbaar Na. in het absorptiekomplex.De bodems hebben vaak een kompakte struktuur en vrij hoge pH.

SOLS MINERAUX BRUTS
Lithosols sur cuirasses ferrugineuses (1)

Hieronder vallen de cuirassen in strikte zin en ferrugineus carapace . Het cuirasse of carapace kan direkt aan het oppervlak liggen, vaak is het echter bedekt door een skelettische bodemlaag van enkele tot 30 a 35 cm dikte, dat zeer divers van samenstelling kan zijn: 'gravillonair',zandig, kleiig-zandig, kleiig ..... Soms kunnen twee horizonten met verschillende textuur onderscheiden worden.

Lithosols, association a sols ferrugineux tropicaux remanies sur materiau limono-argileux a argilo sableux sur cuirasse.(3)

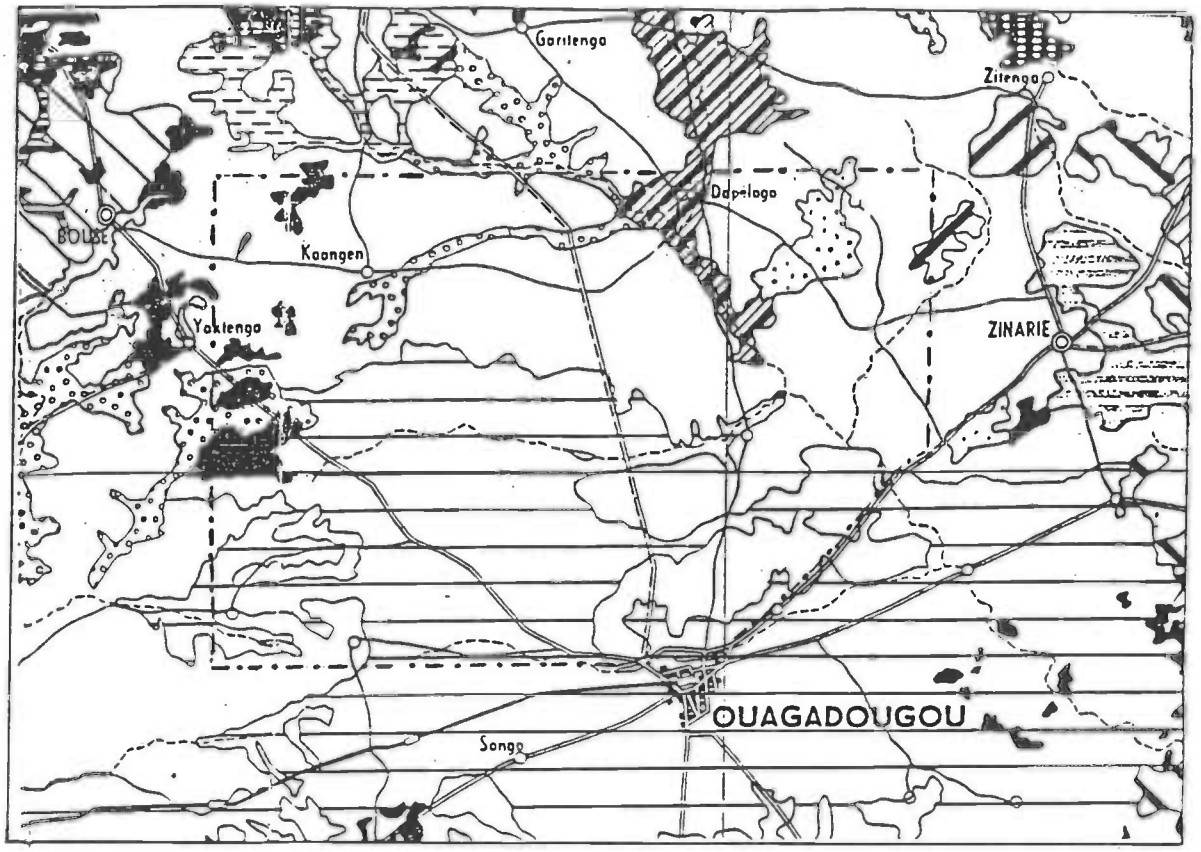
Dit zijn zeer ondiepe bodems, waarin geen ontwikkeling in situ heeft plaatsgevonden.De bovenlaag heeft kenmerken van de sols ferrugineux tropicaux remanies (50) die al ter sprake zijn gekomen. Op dit punt zal er dan ook niet verder op worden ingegaan.

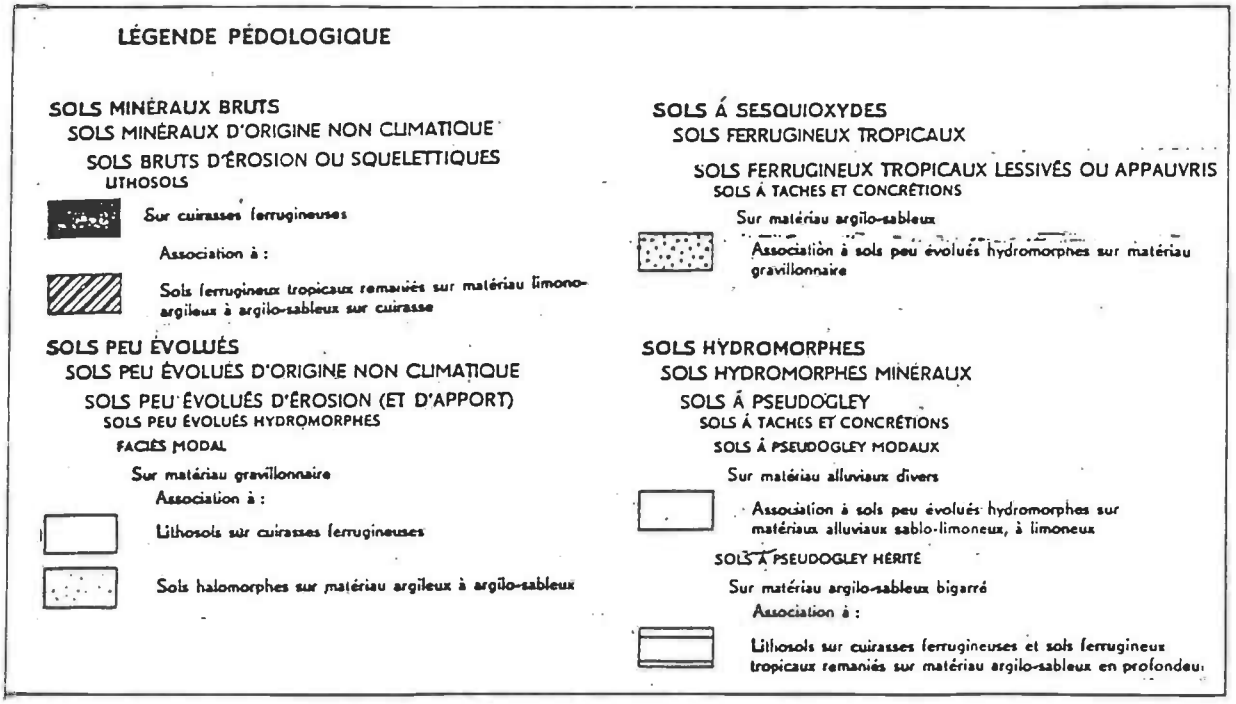
SOLS A SESQUIOXYDES.
Sols ferrugineux tropicaux lessives ou appauvris, a taches et concretions, sur materiau argilo-sableux.
associations a sols peu evolues hydromorphes sur materiau gravillonaire.(40)

Deze bodems zijn voornamelijk op grond van kartografische redenen (afstemming van de legenda op die van andere regios)onderscheiden van de Sols Ferrugineux Tropicaux remanies sur materiau argilo-sableux en profondeur (50). Omdat de bodemeigenschappen van beide groepen vrijwel gelijk zijn, wordt voor de beschrijving dan ook verwezen naar die van laatstgenoemde groep.

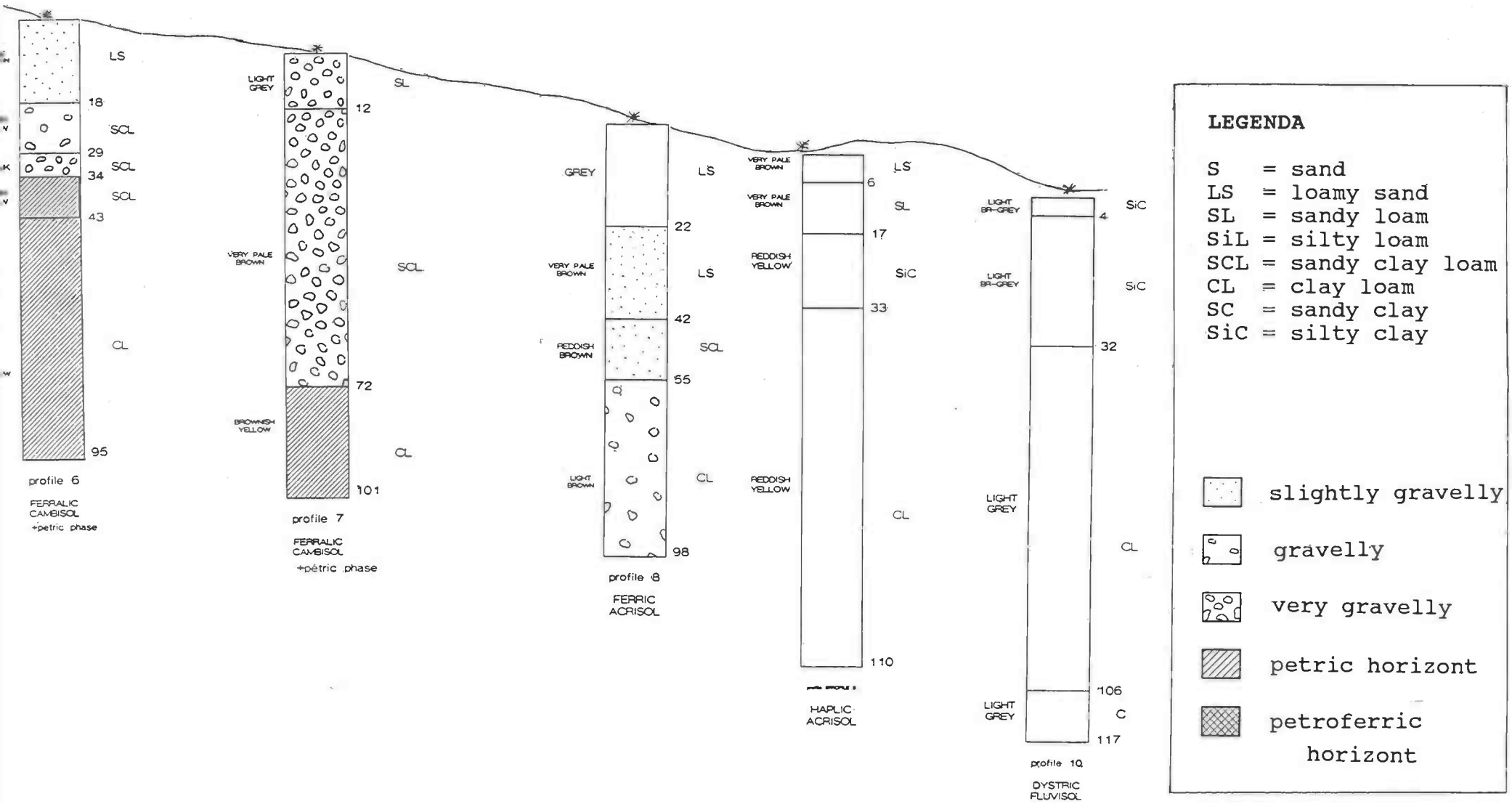
SOLS A PSEUDOGLEY, a taches et conretions, modaux.
sur materiau alluviaux divers
associations a Sols Peu Evolues Hydromorphes sur materiau alluviaux sablo-limoneux a limoneux. (45)

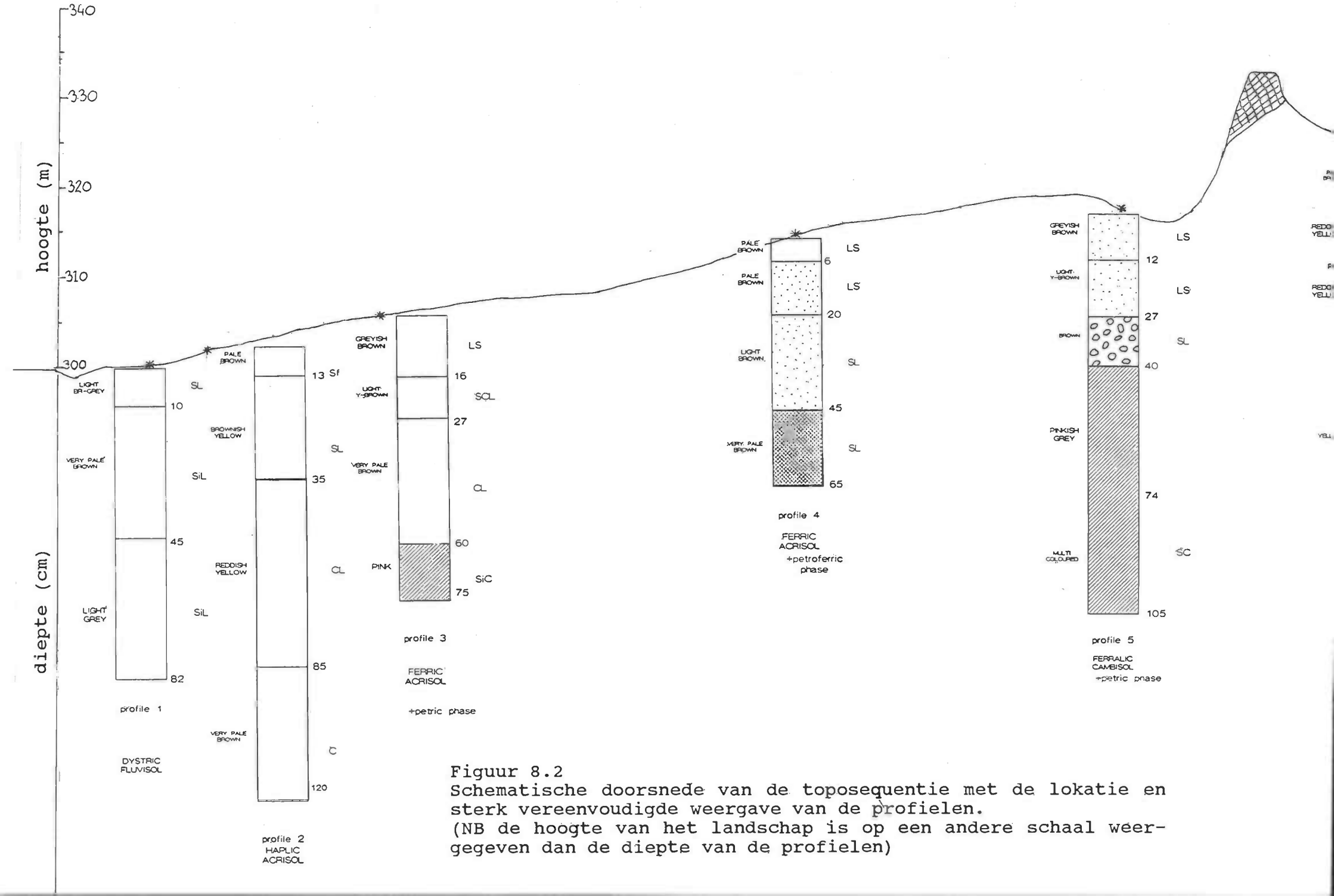
Dit zijn de bodems die te vinden zijn op de overstromingsvlaktes. Het moedermateriaal kan zeer divers van samenstelling zijn. Op de vloedvlaktes van de Voltas en hun grote zijarmen betreft het alluviaal materiaal.In dit onderzoeksgebied gaat het voornamelijk om colluvio-alluviaal materiaal van klei, lemige of zandige klei waarbij de bovenste laag armer aan klei kan zijn: zandig of lemig-kleiig zand. Soms is het grinderig in diepere lagen.
Pseudogley uit zich voornamelijk in de vorm van mottles. Als het klei betreft is het vaak ook terug te vinden in de struktuur van de bodem.Het gaat bij dit type slechts om kleine oppervlaktes, die bovendien niet-kontinu zijn, daarom zijn ze op de bodemkaart (schaal 1:500.000) vaak niet aan te geven.




Figuur 8.1 De bodemkaart van het onderzoeksgebied naar:Carte pedologique de reconnaissance de la republique de Haute Volta, Centre-Sud echelle 1:500.000 Dessinée au service cartographique de l'ORSTOM 1968


LS
18
SCL
29
SCL
34
SCL
43
CL
95
profile 6
FERRALIC CAMBISOL
+petric phase
LIGHT GREY
12
SL
VERY PALE BROWN
SCL
72
BROWNISH YELLOW
CL
101
profile 7
FERRALIC CAMBISOL
+pétric phase
GREY
LS
22
VERY PALE BROWN
LS
42
REDDISH BROWN
SCL
55
LIGHT BROWN
CL
98
profile 8
FERRIC ACRISOL
VERY PALE BROWN
LS
6
VERY PALE BROWN
SL
17
REDDISH YELLOW
SiC
33
REDDISH YELLOW
CL
110
HAPLIC ACRISOL
LIGHT BR-GREY
SiC
4
LIGHT BR-GREY
SiC
32
LIGHT GREY
CL
106
LIGHT GREY
C
117
profile 10
DYSTRIC FLUVISOL
LEGENDA
S = sand
LS = loamy sand
SL = sandy loam
SiL = silty loam
SCL = sandy clay loam
CL = clay loam
SC = sandy clay
SiC = silty clay
slightly gravelly
gravelly
very gravelly
petric horizont
petroferric horizont




Figuur 8.2
Schematische doorsnede van de toposequentie met de lokatie en sterk vereenvoudigde weergave van de profielen.
(NB de hoogte van het landschap is op een andere schaal weergegeven dan de diepte van de profielen)

### 8.2.2 De klassifikatie volgens Boulet

Boulet (1976) heeft voor Burkina Faso een agronomische bodemklassifikatie gemaakt die gebaseerd is op klimaat, bodemdiepte en bodemtextuur. Voor onze bodemklassifikatie hebben we geprobeerd om zo dicht mogelijk bij die van Boulet te blijven. Aangezien het studiegebied vrijwel volledig binnen de mediane agroklimatologische zone valt (Boulet '76),zijn textuur en bodemdiepte de differentierende faktoren.

Bodemdiepte:

De ondiepe bodems zijn de bodems waarbij niet dieper dan 40 cm geboord kon worden als gevolg van een grindlaag, een petroplintietlaag (cuirasse of carapace) of door droogte en hardheid van de bodem.
De diepere bodems zijn alle meer dan 40 cm diep, hetgeen een grind of petroplintietlaag dieper dan 40 cm niet uitsluit.

Textuur:

De textuur van de bodems in Burkina Faso wordt met name bepaald door de verhouding tussen zand en klei (Boulet '76), silt komt slechts zelden voor.
Boulet onderscheidt op basis van het klei gehalte vier textuurklassen. In tabel 7.1 staan deze groepen vermeld en de wijze waarop onze,op de USDA textuurdriehoek gebaseerde, textuurklassen zijn ingepast.

| Klassen Boulet | Klassen USDA (Franse termen) |
|---|---|
| Kleiig (argileux) | Argile,argile sableux,argile limoneux. |
| lemig (argilo-sableux) | Limon argilo sableux,limon argileux fin,limon argileux |
| Zandige leem (sablo-argileux) | limon sableux,limon,limon fin |
| Zand (sableux) | Sable,sable limoneux |

tabel 8.1

In tabel 8.2 staan de bodemtypes,die op basis van Boulets klassifikatie zijn onderscheiden en op grond waarvan de boorprofielen zijn getypeerd. In bijlage 3 is een uitvoerige beschrijving van de boorprofielen te vinden.

### 8.2.3 De FAO klassifikatie.

De bodemprofielen van de toposequentie zijn volgens de klassifikaties van zowel Boulet, de FAO en deels die van het ORSTOM getypeerd.
De doorsnede van de toposequentie met de verschillende bodemtypes is weergegeven in fig. 8.2. Een uitgebreide beschrijving van de profielen is te vinden in bijlage 4.

| Bodemtype | diepte | textuur | | drainage |
|---|---|---|---|---|
| | | bovengrond | ondergrond | |
| 1 | >40 cm | kleiig | kleiig | variabel |
| 2 | >40 cm | zand-zandi-ge leem | kleiig | matig |
| 3.1 | >40 cm | >40 cm zand | var. soms grinderig | matig-goed |
| 3.2 | >40 cm | 10-40 cm zand | ,, | ,, |
| 3.3 | >40 cm | 0-10 cm zand | ,, | ,, |
| 4 | >40 cm | zandige leem | lemig-kleiig | ,, |
| 5.1 | <40 cm | zand-zandige leem | erg grinderig | goed |
| 5.2 | <40 cm | var. soms pe-troplintiet | petroplintiet | variabel |
| 6 | <40 cm | Te droog en hard om te boren | | |

Tabel 8.2 Een overzicht van de onderscheiden bodemtypes.

Een probleem bij het klassificeren volgens de FAO, is het feit dat een argillic B-horizont wordt onderscheiden op grond van kleihuidjes die vaak niet te zien zijn. Alle horizonten waarin een duidelijke, plotselinge verhoging in het kleigehalte waargenomen kon worden zijn daarom als een argillic B beschouwd.
De bodems met een argillic-B horizont (cq de acrisols) bevinden zich op de lagere en de middendelen van de helling,de cambisols op de midden en hogere delen.
IJzer- en mangaankonkreties (petric phase) al dan niet in situ gevormd, en petroplintiet (petroferric phase) komen vanaf de middendelen van de helling naar de top voor.
De aanwezigheid van een argillic B-horizont duidt op een grotere uitspoeling van klei uit de toplaag (Jones & Wild,1975), met andere woorden op meer neerslag dat in de bodem infiltreert. Het lijkt ook logisch dat op de lagere delen van de helling meer infiltratie plaatsvindt omdat de helling iets geringer is en er aanvoer is van water van hoger gelegen delen via run on.
Moorman ('81) en Stoop ('87) vonden daarentegen de cambisols juist op de lagere en de bodems met een argillic B-horizont op de hogere delen.

Het is voor de meeste bodems die met een Edelmanboor bemonsterd zijn niet mogelijk om ze volgens de FAO te klassificeren. Dit omdat gegevens over de chemische eigenschappen en de struktuur van de bodem ontbreken. Bovendien is het aantal profielkuilen te klein voor een extrapolatie van de FAO klassifikatie naar de geboorde profielen, ook omdat Stoop en Moorman een andere verdeling van bodemtypen over een toposequentie vonden.

## 8.3 Chemische eigenschappen .

Uit verschillende horizonten van de profielkuilen zijn monsters geanalyseerd op: totaal basen, CEC, K, Na, Mg, Ca, P, N en organische stof(zie materiaal en methode).De resultaten daarvan staan in tabel 7.3, waarin tevens textuur en pH vermeld zijn zoals die in het veld zijn bepaald.

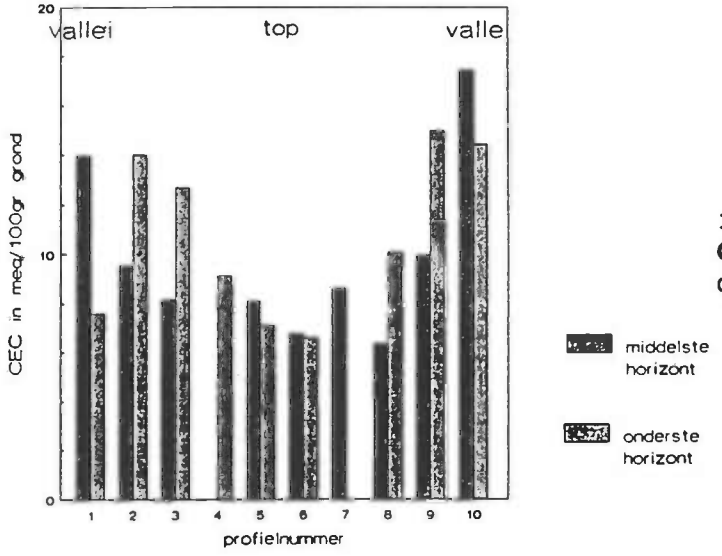
| nr | Hor. | text. (FR) | totaal basen (meq/100gr) | CEC' | %BS | pH | K | Na | Mg | Ca | org.stof % | | P ppm | N mg/100g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | (meq/100gr) | | | | | | | |
| 1 | A | LS | | | | 7.0 | | | | | 2.5 | | 0.71 | 41.23 |
| | B | Lf | 3.8 | 14.0 | 27.7 | 8.0 | 0.12 | 0.01 | 0.76 | 2.45 | 3.6 | | 0.27 | 28.48 |
| | C | Lf | 3.9 | 7.6 | 57.9 | 8.0 | 0.25 | 0.00 | 0.58 | 2.89 | | | | |
| 2 | A | S | | | | 5.0 | | | | | 2.3 | | 2.17 | 21.35 |
| | B | LS | 1.3 | 9.5 | 13.9 | 4.5 | 0.23 | 0.40 | 0.56 | 0.68 | 3.4 | *2.4 | 0.87 | 24.27 |
| | Bt | LA | 2.6 | 14.0 | 18.7 | 4.5 | 0.15 | 0.24 | 1.28 | 1.18 | | | | |
| 3 | A1 | SL | | | | 6.5 | | | | | 2.4 | | 1.85 | 35.58 |
| | A2 | LAS | 1.1 | 8.2 | 13.5 | 5.5 | 0.11 | 0.00 | 0.37 | 0.66 | 2.9 | | 1.27 | 19.85 |
| | B1 | LA | 1.8 | 12.7 | 14.0 | 5.5 | 0.15 | 0.01 | 0.45 | 1.22 | | | | |
| 4 | Ap | SL | | | | 6.0 | | | | | 1.5 | | 1.46 | 15.08 |
| | A | SL | | | | 6.0 | 0.08 | 0.00 | | | 2.5 | | 0.75 | 19.96 |
| | Bcs | SL | 1.1 | 9.1 | 12.0 | 6.0 | 0.10 | 0.01 | 0.33 | 0.73 | | | | |
| 5 | A | | | | | 6.5 | | | | | 2.5 | | 1.06 | 30.54 |
| | AB | | 2.1 | 8.1 | 26.3 | 6.0 | | | 0.45 | 1.63 | 3.7 | | 0.90 | 31.38 |
| | Bcs | | 1.3 | 7.1 | 19.2 | | 0.05 | 0.00 | 0.29 | 1.02 | | | | |
| 6 | A | S | | | | 6.0 | | | | | 4.5 | | 1.92 | 36.34 |
| | IB | LAS | 0.7 | 6.8 | 10.5 | 5.0 | 0.06 | 0.01 | 0.09 | 0.58 | 6.3 | | 0.51 | 28.91 |
| | IBcs1 | LAS | 0.6 | 6.6 | 10.1 | 5.5 | 0.04 | 0.00 | 0.08 | 0.50 | | | | |
| 7 | A | LS | | | | 7.0 | | | | | 7.5 | *6.3 | 0.55 | 21.80 |
| | Bcs | LAS | 1.4 | 8.6 | 16.9 | 6.0 | 0.05 | 0.01 | 0.64 | 0.69 | 8.4 | | 0.20 | 18.14 |
| 8 | A | SL | | | | 6.5 | | | | | 2.1 | *1.8 | 0.70 | 29.43 |
| | B | SL | 1.0 | 6.4 | 15.5 | 6.5 | 0.07 | 0.01 | 0.26 | 0.69 | 4.6 | | 0.19 | 9.35 |
| | Bt | LAtf | 2.4 | 10.1 | 24.4 | 6.0 | 0.05 | 0.00 | 0.84 | 1.50 | | | | |
| 9 | A | SL | | | | 7.5 | | | | | 2.6 | | 1.32 | 24.36 |
| | B | LS | 2.0 | 10.0 | 20.2 | 6.0 | 0.03 | 0.00 | 0.75 | 1.20 | 2.6 | | 1.22 | 24.26 |
| | Bt | LAtf | 4.1 | 15.0 | 27.6 | 6.0 | 0.09 | 0.01 | 1.64 | 2.35 | 6.3 | | 0.59 | 19.18 |
| 0 | A1 | LAtf | | | | 6.5 | | | | | 6.7 | | 13.92 | 116.77 |
| | A2 | LAtf | 4.5 | 17.4 | 25.9 | 6.0 | 0.06 | 0.00 | 1.26 | 3.08 | 5.4 | | 5.96 | 51.98 |
| | Bg | LA | 5.0 | 14.4 | 34.8 | 6.0 | 0.15 | 0.01 | 1.90 | 2.88 | | | | |

*=% na drogen

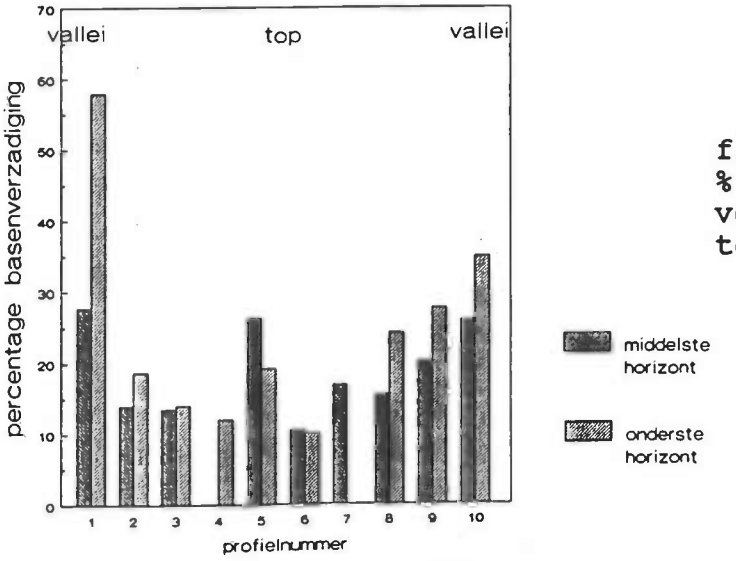
| | positie langs toposequentie: | bodemtype (FAO) |
|---|---|---|
| 1: | bas-fond | dystric fluvisol |
| 2: | lage deel v.d.helling | haplic acrisol |
| 3+4: | midden deel v.d.helling | ferric acrisol |
| 5+6: | hoge deel (weerszijden top) | ferralic cambisol |
| 7: | midden deel v.d.helling | ferralic cambisol |
| 8: | midden deel v.d.helling | ferric acrisol |
| 9: | lage deel v.d.helling | haplic acrisol |
| 10: | bas-fond | dystric fluvisol |

Tabel 8.3. De chemische eigenschappen van de verschillende bodemprofielen langs de toposequentie.

Uitgaande van de indeling die Booker geeft, blijken de meeste bodems een lage kationenuitwisselingkapaciteit (5-15 meq/100gr.) en een laag ( < 20) tot middelmatig (20-60) percentage basenverzadiging (%BS) te hebben. De fluvisols zijn in vergelijking met de overige bodems wel iets rijker.
Vergeleken met een toposequentie bij Kamboinse (Stoop,'87), dat 10 km ten noorden van Ouagadougou ligt, zijn de door ons gevonden waarden voor de CEC iets hoger, die van het %BS echter veel lager. Dat laatste is waarschijnlijk een gevolg van bemesting op de Kamboinse toposequentie.
De lage CEC in de regio is een gevolg van de kaolinitische verwering van het granitisch moedermateriaal (Kowal & Kassam '78). Hoewel de waarden van de CEC en het %BS voor alle bodems erg laag zijn is er een duidelijke toename van de CEC en in mindere mate van het %BS van de top naar de bas-fonds. Bij de bodems met een argillic B-horizont(opn.2,3,4,8,9) neemt de CEC als gevolg van de klei verplaatsing toe met de diepte. Voor de cambisols(5,6,7) is dit niet het geval en voor de fluvisols(1,10) is het tegenover-gestelde het geval, waarschijnlijk als gevolg van het hoger organisch stof gehalte in de bovengrond (zie fig 8.3 en 8.4).

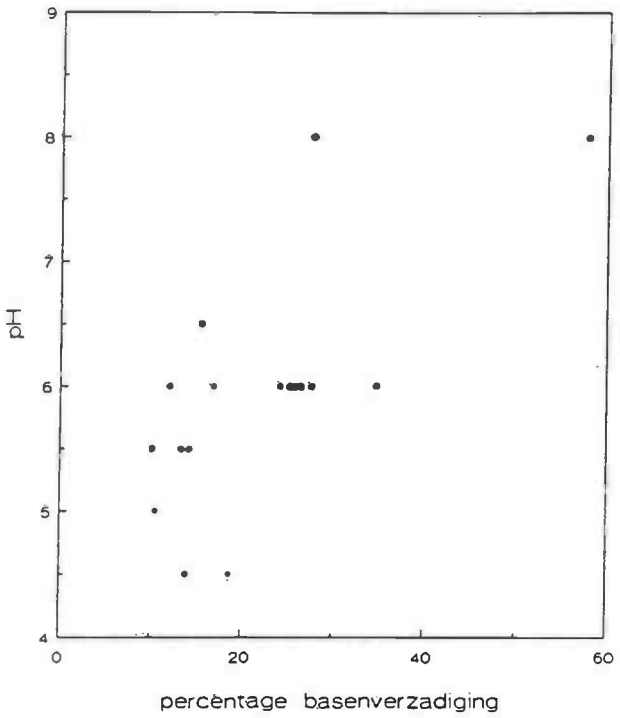



figuur 8.3
**CEC** vd bodems langs de toposequentie



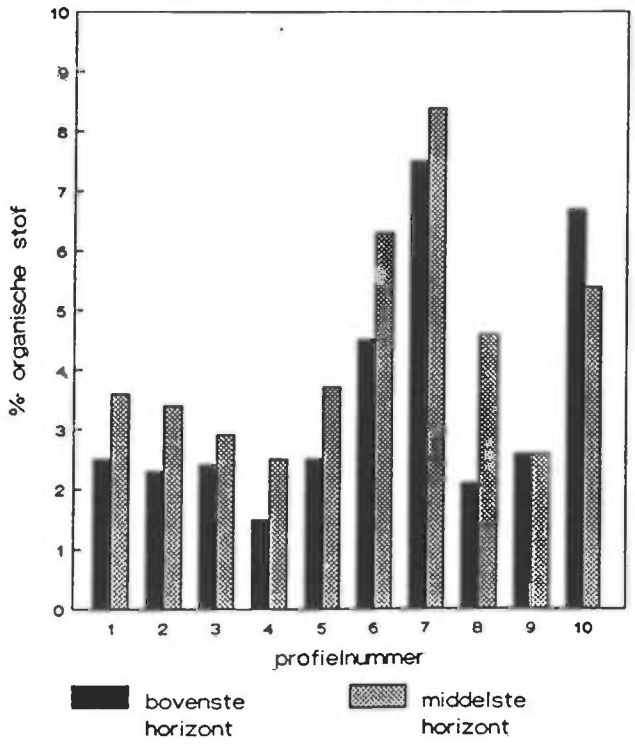

figuur 8.4
**% basenverzadiging** vd bodems langs de toposequentie

De uit de literatuur bekende positieve korrelatie tussen het %BS en de pH (Schroeder,'78) is slechts zeer vaag aanwezig (zie fig 8.5).



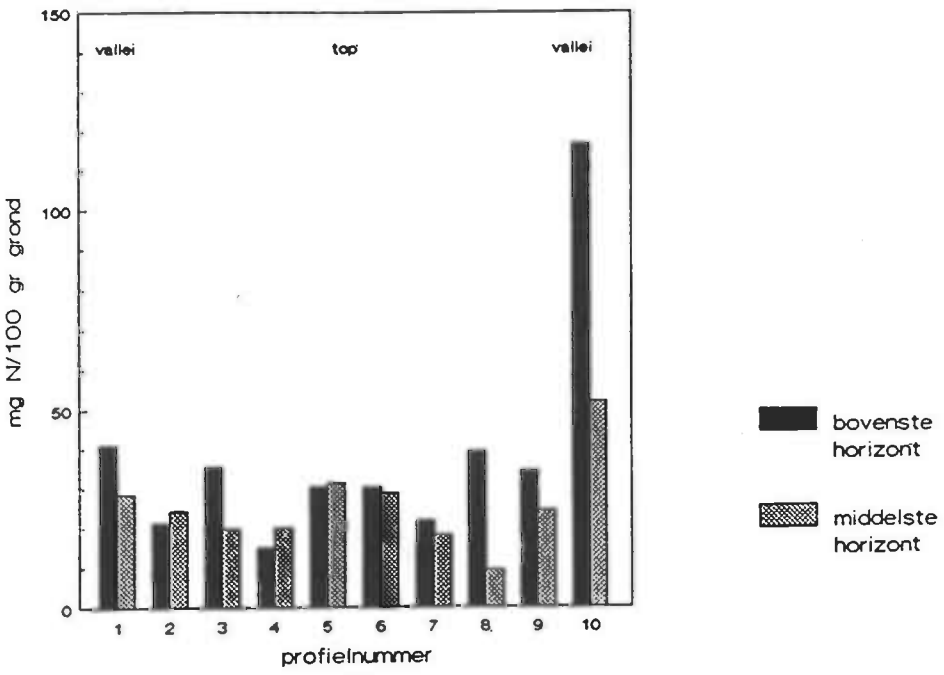

figuur 8.5 pH en % basenverzadiging van de geanalyseerde bodemmonsters.

De gevonden waarden voor het organische stof gehalte liggen in vergelijking met literatuurwaarden zeer hoog. Boulet ('76) noemt een organisch stof gehalte van 1-2 % voor de sols ferrugineux en een gehalte tot 5% voor de sols brun eutrophes.Voor een deel zal dit geweten moeten worden aan het feit dat de monsters niet gedroogd zijn voordat het organisch stof % werd bepaald. Voor enkele monsters is daarom de bepaling nog eens uitgevoerd na drogen, waardoor de waarden 0.3-1.2% lager uitkomen(zie tabel 8.3). Zelfs dan blijven ze echter onverklaarbaar hoog.
Het organische stof gehalte wordt voor een groot deel bepaald door de wortelbiomassa (Sanford en Isichei, '86), omdat op de bodem gevallen bladmateriaal door vuur (feu de brousse) letterlijk in rook op zal gaan en omdat ten gevolge van run off het dode bladmateriaal onder struiken gekoncentreerd wordt (eigen waarneming).
In alle bodems neemt het organische stof gehalte toe met de diepte. Dit lijkt op het eerste gezicht vreemd, zowel Moorman ('81) als Stoop ('87) vinden het tegenovergestelde: Stoop vindt in de A horizont 0,5-1 % org. stof en in de B horizont minder dan 0,4% org. stof. Sanford en Ischei ('86) vonden echter ook een toename van organische stof met de diepte en stellen dat dit verschijnsel een gevolg is van de hogere temperatuur in de bovengrond, waardoor er boven in het profiel een snellere mineralisatie op zal treden dan in de ondergrond .
Er blijkt geen verband te zijn tussen het organische stof gehalte en de positie langs de toposequentie (zie figuur 8.6).

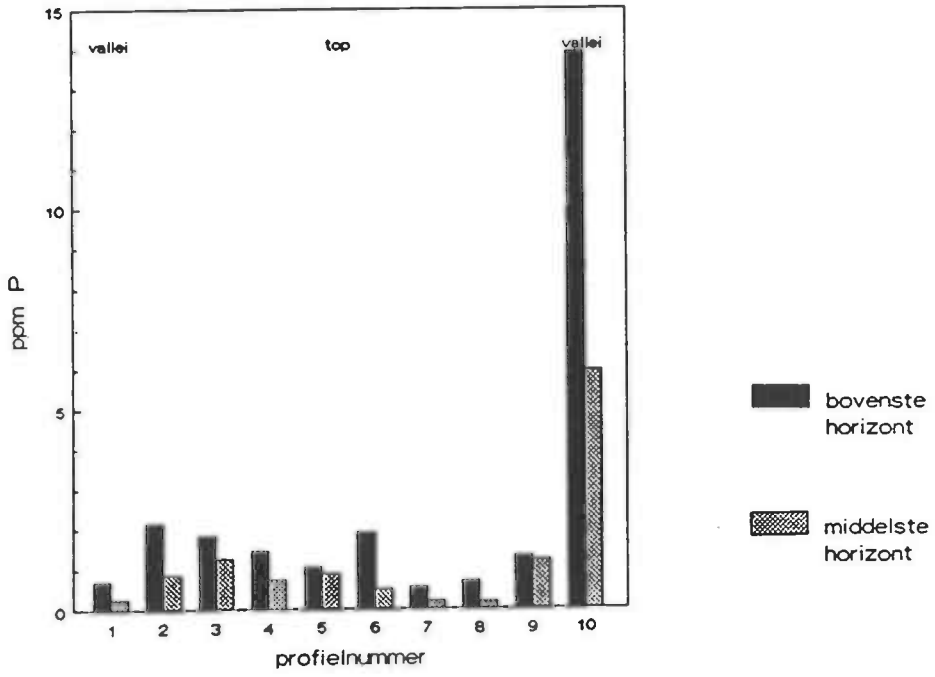



figuur 8.6 **% organische stof** van de bodems langs de toposequentie.

Er is geen verband gevonden tussen stikstof of fosfaatgehaltes en de positie op de helling, alleen het zuidelijke bas-fond(10) heeft duidelijk hogere P en N gehaltes dan de overige opnames( zie fig.8.7 en 8.8).Wat N betreft is er ook geen relatie tot de bodemdiepte terwijl het P-gehalte iets afneemt met toenemende diepte.
Het gehalte aan totaal stikstof varieert volgens Kowal en Kassam ('78) tussen de 8 en 290 mg per 100 gr. grond met een gemiddelde van 51 mg/100gr. De door ons gevonden waarden van 10-110 mg liggen dus aan de lage kant. Ook Prins ('86) vond in het Bois de Barrage, even buiten Ouagadougou, stikstofgehaltes die over het algemeen iets hoger liggen : 40-110 mg N/100 gr in de bovenste horizont en 20-50 mg N/100 gr in de middelste horizont.
Ook de fosfaatgehaltes liggen aan de lage kant, vrijwel altijd <2ppm met als enige uitschieter opn.10 met 14 ppm in de bovenste horizont. Stroosnijder ('82) vermeld een range van 2-5 ppm voor de kleiige bodems in de zuidelijke Sahelzone en ook Prins ('86) vindt iets hogere waarden.




Figuur 8.7 **Totaal N-gehalte**
van de bodems langs de toposequentie.




Figuur 8.8 **P-Bray gehalte**
van de bodems langs de toposequentie.

## 8.4 Hydrologische eigenschappen.

Over het algemeen is in gebieden met een lage regenval of een kort neerslagseizoen, water de beperkende faktor. Daarom is het watervasthoudend vermogen van de bodem erg belangrijk(Jones and Wild,'75).De mate waarin, het moment waarop en de tijdsduur waarin water uit de bodem beschikbaar is voor de kieming en de groei van planten is van groot belang voor zowel de kompositie van de (half) natuurlijke vegetatie als voor de groei van gewassen (Cisse '86 en Cisse & Breman '82 ).

Naast de regenval hebben fysische bodemeigenschappen en de positie in het terrein invloed op de ruimtelijke verdeling van de waterbeschikbaarheid. Textuur en struktuur zijn in dit verband van groot belang omdat ze de porositeit en permeabiliteit van de bodem bepalen. De algemeen aangetroffen zandig-lemige bodems vertonen een sterke neiging tot korstvorming.Het voorkomen van een korst en/of algen aan het bodemoppervlak verminderen de infiltratie en verhogen de run-off. In lokale depressies in het terrein kan run-off water zich verzamelen en indien het infiltreert tot een grotere waterbeschikbaarheid leiden.

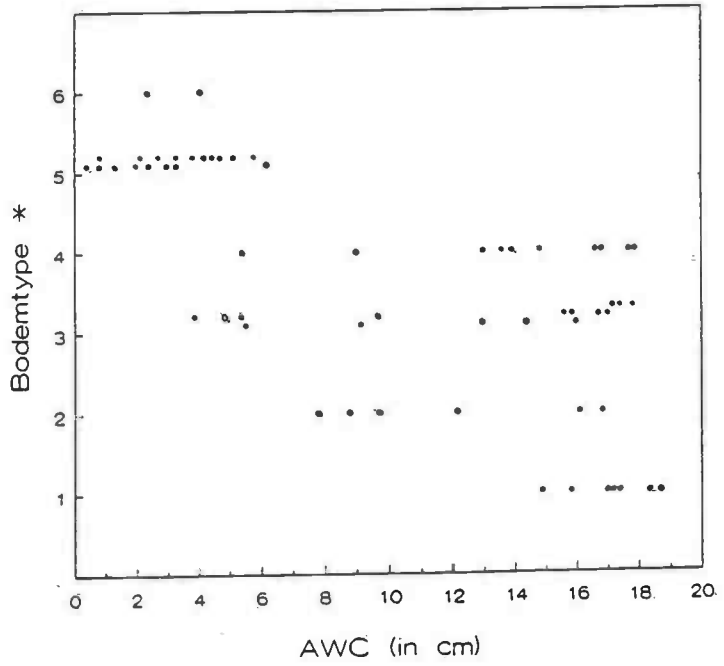
De hoeveelheid beschikbaar water die een bodem maximaal kan bevatten wordt de available water capacity (AWC) genoemd. Deze is afhankelijk van bodemdiepte en textuur, laatstgenoemde is nl. bepalend voor het volume percentage vocht dat een bepaalde bodem kan bevatten(bij verschillende zuigspanning). De AWC is berekend door voor elke horizont het volumepercentage beschikbaar vocht (=% vocht bij een pF van 2,1 -het % vocht bij een pF van 4,2) te vermenigvuldigen met de dikte van de desbetreffende horizont, waarna per profiel de som van deze produkten is genomen. Aan de diepte van de bewortelbare zone is een maximum van 1 meter gesteld omdat die diepte overeenkomt met de door Kowal & Kassam (1978) genoemde maximale effektieve worteldiepte van de verbouwde gewassen. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze diepte van 1m voor het onderzoeksgebied wel eens te hoog zou kunnen zijn. Door Kaloga (1968) werd nl. vastgesteld dat "het merendeel van de gekultiveerde gewassen, waarvan het wortelsysteem is onderzocht, op z'n hoogst 25 cm van de bodem lijken te gebruiken als gevolg van onvoldoende grondbewerking. Onder die omstandigheden gebruikt de plant slechts de oppervlaktelaag die snel uitdroogt en het rendement wordt voornamelijk beperkt door een gebrekkige watervoorziening".

Voor die gevallen waarbij door droogte van de bodem niet tot 1 meter diep geboord kon worden is gesteld dat de diepst aangetroffen textuur zich tot 1 meter diepte uitstrekt. Dit is meestal een verantwoorde aanname omdat de diepst aangetroffen textuur vaak kleiig is en een vergroving van de textuur met de diepte onwaarschijnlijk. Met een mogelijke grindlaag is in die gevallen geen rekening gehouden.

In fig 8.9 is voor de verschillende bodemtypes de AWC uitgezet.

Daaruit blijkt dat bodems van type 1 alle een relatief hoge AWC hebben en die van type 5 alle een zeer lage. Dit stemt overeen met de verwachting;type 1 is nl een diepe,kleiige bodem die voornamelijk in de lage delen van het landschap en met name in de bas-fonds voorkomt terwijl type 5 daarentegen voor ondiepe grinderige bodems staat die vooral op de hoge delen voorkomt.

Bij de overige bodemtypes komen zeer variabele AWC-waarden voor als gevolg van een wisselend voorkomen van een sterk grinderige laag of petroplintiet. Bij grinderige bodems kan de textuur de beperkende faktor zijn als de grindlaag tot aan de oppervlakte reikt of slechts bedekt wordt door een dunne toplaag. Deze beperking in verband met de watervoorziening is nog sterker als de bodems gelegen zijn op posities met een goede externe drainage. In het algemeen zullen bodems met een hogere AWC een grotere reserve aan beschikbaar water hebben in periodes van droogte tijdens het regenseizoen en zullen ze ook na afloop van het regenseizoen nog enige tijd water kunnen leveren. Echter, de AWC geeft de maximale hoeveelheid beschikbaar water weer. De werkelijk aanwezige hoeveelheid beschikbaar vocht is sterk afhankelijk van regenval, infiltratie en evapotranspiratie. Korstvorming en algengroei komen over alle bodemtypes voor, en de dikte van de korst kan binnen één bodemtype sterk variëren zodat de bodemtypes niet in termen van korstdikte en algengroei te karakteriseren zijn.
Bodemtype 2 wordt gekenmerkt door een snelle overgang van een zandige of zandig-lemige bovengrond naar een kleiige ondergrond. Dit houdt in dat de drainage van de bovengrond slecht is zolang de ondergrond droog en kompakt is, en dat de bovengrond in droge periodes in het regenseizoen snel uitdroogt aangezien er door de plotselinge verhoging van de zuigspanning met de diepte geen nalevering van water op zal treden. Hierbij moet men zich wel bedenken dat de zandige laag slechts zo'n 20 cm dik is en deze eigenschappen van de bodem met name voor planten van belang zijn die zich in de kiemings- of installatiefase bevinden.
De algehele drainage toestand van de bodems is over het algemeen redelijk tot goed. Slechts een deel van de bodems uit type 1 en de bodems uit type 2 hebben een slechte tot matige drainage.




figuur 8.9 De AWC-waardes per bodemtype.
(*zie tabel 8.2 voor de beschrijving v.d.bodemtypes)

## H9. De vegetatie

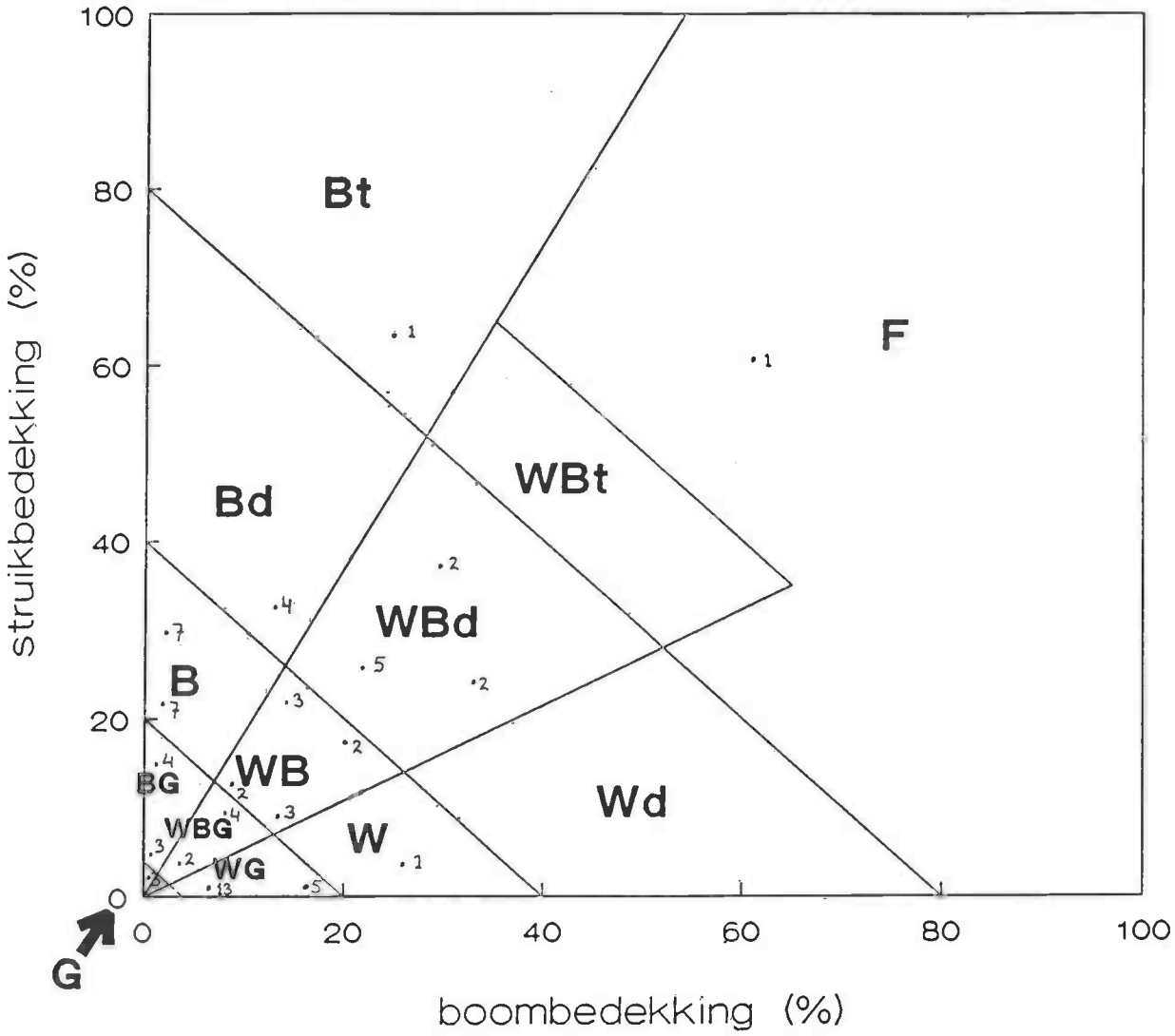
Vegetatiemorfologie heeft twee hoofdaspekten:
-vegetatie kompositie en
-vegetatie struktuur

Met betrekking tot het tweede aspekt zijn er verschillende typifikaties ontwikkeld, o.a. door UNESCO en Eiten, deze bleken in de praktijk echter niet geschikt voor onderzoek op reconnaissance schaal.
De vegetatie aspekten die op luchtfoto's (reconnaissance en semi-detailed schaal) onderscheiden kunnen worden zijn:
-bedekking door houtigen en
-horizontale gelaagdheid
Door van Gils en Wijngaarden(1984) is een struktuurklassifikatie ontworpen op basis van de kombinatie van beide faktoren.De totale bedekkingspercentages door houtigen zijn verdeeld in klasses van 0-2%, 2-20%, 20-40%, 40-80% en 80-100%. De onderverdeling is gebaseerd op dominantie van hogere of lagere stratum.De bedekking door grassen wordt hier dus buiten beschouwing gelaten, deze kan nl. op grond van luchtfoto's niet geschat worden.(v.Gils en Wijngaarden,1984)

Het blijkt dus mogelijk door middel van luchtfoto-interpretatie de vegetatie te klassificeren op struktuur. Vegetatie kompositie en struktuur blijken gewoonlijk ,in rangelandgebieden, echter niet met elkaar te korreleren. Vegetaties met verschillende samenstelling kunnen dezelfde struktuur hebben en vice versa. Dit houdt dan ook in dat de kompositie alleen in het veld bepaald kan worden(van Gils en Wijngaarden, 1984).

### 9.1 vegetatie-struktuur.

Tijdens het veldwerk zijn de bedekkings percentages per vegetatie stratum geschat, waarna de struktuur geklassificeerd is op grond van de bedekking door hoge en lage houtigen. In figuur 9.1 is het, op van Gils en Wijngaarden gebaseerde,struktuurschema weergegeven (naar Loth en Prins ,1986).In deze figuur zijn tevens de opnames geplot.
In het overgrote deel van de opnames blijkt de boombedekking tussen 0 en 20% te liggen. Daarnaast ligt er een deel in de klasse 20-40% en in een geval is een bedekking van 60% waargenomen.De bedekking door struiken is in het algemeen iets hoger en ligt tussen 0 en 40%.
Overeenkomstig de resultaten van G.Vossebelt(1987) komt hieruit dus het algemene beeld naar voren van een struiksavanne met bomen, hoewel in genoemd onderzoek de bedekking door bomen over het algemeen iets lager ligt.

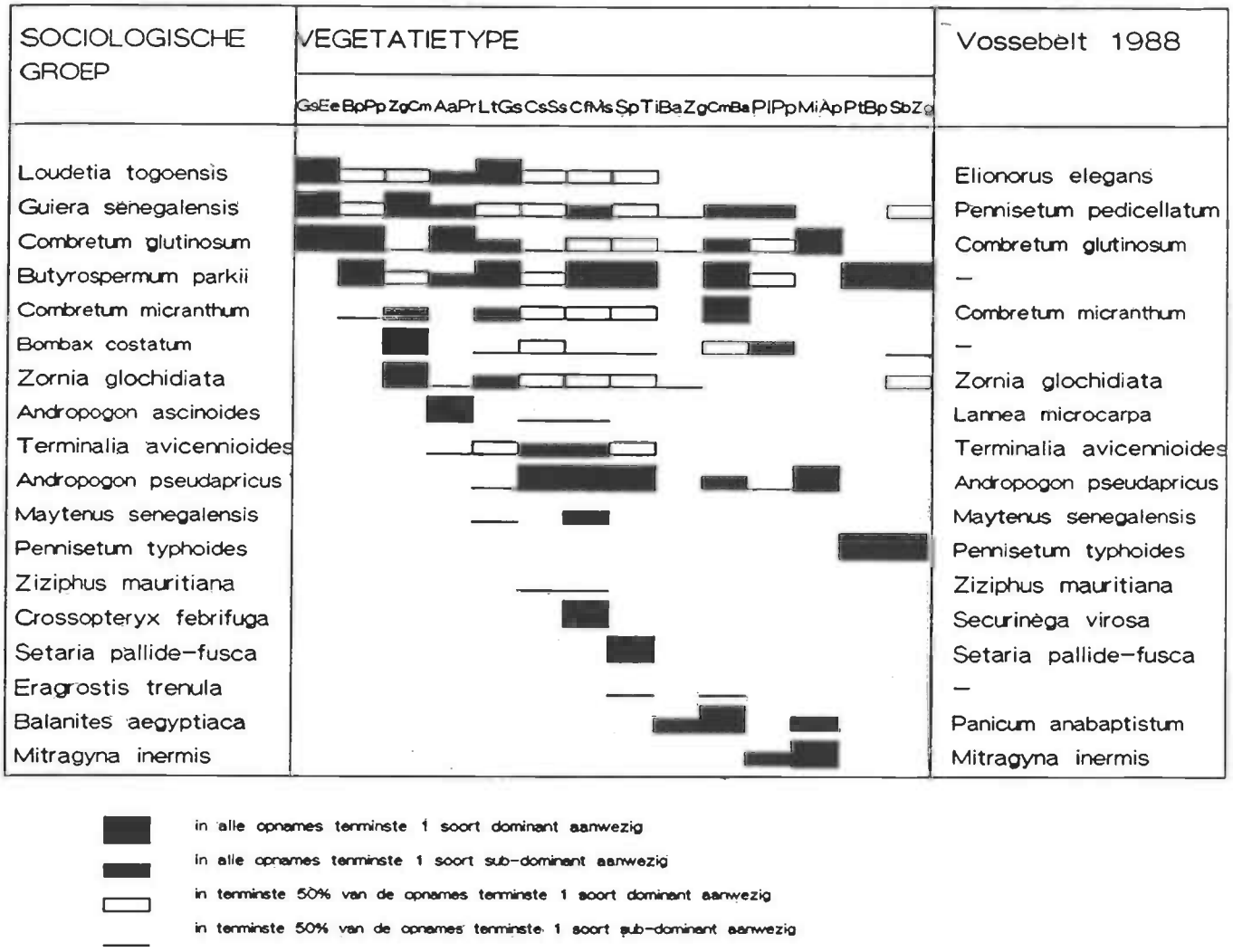



Figuur 9.1 Struktuurklassifikatie (naar Loth en Prins, 1986) waarin tevens het aantal opnames is geplot.

**9.2 vegetatie-kompositie.**
De vegetatiedata van de 76 opnames zijn geordend in een matrix waarbij plantensoorten in rijen en opnames in kolommen zijn geplaatst. Er is getracht de vegetatietabel zo veel mogelijk te laten aansluiten bij de tabel van G.Vossebelt(1987). In eerste instantie zijn de soorten daarom geplaatst in de volgorde van deze tabel en is de indeling in sociologische groepen aangehouden. Vervolgens zijn de opnames geordend door middel van correspondentie analyse volgens reciprocal averaging (m.b.v. CORAN uit het computerprogramma VEGROW, Fresco 1987). Aan de hand van clusteringsgegevens van het programma TREES (Fresco,1987) en 'op het oog' is de tabel daarna zodanig herordend dat er zoveel mogelijk een diagonaal patroon in de uiteindelijke matrix zit. Hiertoe zijn soorten die slechts 1 of 2 maal in de opnames voorkomen er uit gehaald, zodat er uiteindelijk 72 van de 132 geidentificeerde plantensoorten voor de klassifikatie zijn gebruikt. Soorten die vaker dan twee keer voorkomen maar niet in de vegetatietabel van G.Vossebelt zijn opgenomen, zijn in een van de sociologische groepen geplaatst. Vervolgens zijn enkele soorten in een andere sociologische groep geplaatst omdat ze een te afwijkende verspreiding vertoonden ten opzichte van de rest van de groep. En tot slot zijn enkele groepen in hun geheel verplaatst.
Als gevolg van deze verschuivingen in de soortenvolgorde is deze enigszins gaan afwijken van die van G.Vossebelt. De meest opvallende verschillen betreffen het ontbreken van enkele sociologische groepen in hun geheel :Grewia bicolor, Indigofera geminata, Sporobolus micropotus, Bracharia lata en Khaya senegalensis. Daarentegen zijn er drie nieuwe groepen bijgekomen: Eragrostis trenula, Butyrospermum parkii en Bombax costatum. Van de overige sociologische groepen ontbreken er soorten, hoewel de dominante soort vrijwel altijd aanwezig is. Wat de verschuiving van groepen betreft is de Combretum glutinosum groep de meest opvallende, deze komt over een veel breder gebied voor. Verder zijn in de tabel de Zornia glochidiata en Combretum micranthum groepen onderling van plaats verwisseld evenals de Andropogon pseudapricus en Terminalia avicennoides groep.
Met betrekking tot het in de tabel verplaatsen van soorten, treden de meeste verschuivingen op voor bomen. Zowel Parkia biglubosa, Sclerocarria birrea en Butyrospermum parkii als Lannea acida, Bombax costatum en Sterculia setigera vormen nu aparte groepen. Ze komen in deze tabel over een veel breder gebied voor dan bij G.Vossebelt.(waarschijnlijk moet dit in ieder geval ten dele worden toegeschreven aan een verschil in opnamemethode, zie H2.) Buiten de bomen is alleen Andropogon fastigatus verplaatst die ook over een veel breder gebied voorkomt.
De overige verschillen in samenstelling van de sociologische groepen zijn ontstaan door het onderbrengen van extra soorten: Tamarindus indica, Acacia albida, Grewia sicolides, Vigna unguiculata, Hybiscus spec en Cyperus spec.

De matrix is samengevat weergegeven in een **fytosociologisch bardiagram** (zie fig 9.2) waarin iedere rij een sociologische groep vertegenwoordigt en iedere kolom een vegetatietype,hierin is ook aangegeven met welke sociologische groep van Vossebelt de verschillende sociologische groepen overeenkomen.

Figuur 9.2 Fytosociologisch staafdiagram van het onderzoeksgebied.



Opvallend is het over een zeer breed gebied voorkomen van enkele sociologische groepen. Zo zijn de Guiera senegalensis, Combretum glutinosum en Butyrospermum parkii groep in vrijwel alle vegetatietypes vertegenwoordigd. In iets mindere mate geldt dit ook voor de Combretum micranthum, Bombax costatum en Zornia glochidiata groep.
Ditzelfde beeld wordt aangetroffen in de resultaten van vegetatie onderzoek in vergelijkbare gebieden. Zo komen ook bij G.Vossebelt de Guiera senegalensis(=Pennisetum pedicellatum), Combretum glutinosum en Zornia glochidiata groep vrijwel overal voor. Door Zonneveld(19..) wordt in het Kaarta gebied in Mali waargenomen dat de Combretum glutinosum groep (Combretum glutinosum, Andropogon gayanus en Acacia seyal) en Guiera senegalensis vrijwel overal voorkomen, evenals de Bombax costatum groep (waarvan Lannea acida en Sterculia setigera nog iets vaker voorkomen dan Bombax) en Sclerocaria birrea van de Butyrospermum parkii groep. Bij een onderzoek in Mali van W.v.Wijngaarden(19..) is het vooral een groep met Combretum glutinosum die over een zeer breed gebied voorkomt.
Er zijn nog meer overeenkomsten met andere onderzoeken. Zo wordt Mitragyna inermis alleen in de bas-fonds aangetroffen, wat overeenkomt met de resultaten van Vossebelt, v.Wijngaarden en Zonneveld. Laatstgenoemde treft eveneens Acacia albida voornamelijk op velden en jacheres aan en Anogeissus leiocarpus over een groot gebied van cuirasse tot vloedvlakte.

In figuur 9.3 zijn de vegetatietypes uitgezet tegen de landschapseenheden. Hieruit komt een duidelijke trend naar voren van een overgang van vegetatietypes vanaf de cuirasseheuvels tot de bas-fonds, met de Guiera senegalensis-Elionorus elegans en Mytragina inermis-Andropogon pseudapricus types als extremen.
Tevens blijkt echter dat de meeste vegetatietypes zeer verspreid en over een breed gebied voorkomen en dat binnen een landschapseenheid verschillende vegetatietypes naast elkaar voorkomen. De Pennisetum typhoides en Sorghum bicolor gemeenschappen vertegenwoordigen de gekultiveerde velden en worden dan ook voornamelijk in de typische landbouweenheden aangetroffen. In hoofdstuk 10 zal nader worden ingegaan op de verspreiding van de vegetatietypes en de faktoren die daarbij een rol spelen.

In figuur 9.4 zijn struktuur en vegetatiesamenstelling tegen elkaar uitgezet. Zoals hierboven al werd opgemerkt zijn deze over het algemeen weinig met elkaar gekorreleerd. Ook in dit gebied blijkt er weinig verband tussen te bestaan, een bepaald vegetatietype kan zeer verschillend van struktuur zijn. Er zijn echter wel enkele extremen aan te geven: de types BaZg en GsEe hebben altijd een zeer open struktuur, in iets mindere mate geldt dat ook voor PtBp en SbZg (de gekultiveerde velden). Aan de andere kant vormen de vegetatietypes van de bas-fonds: PlPp,MiAp en CmBa altijd dichte vegetaties. Tussen deze extremen ligt een hele reeks types met een zeer variabele struktuur.

In de diskussie zullen de hier onderscheiden vegetatietypes worden vergeleken met de types die door Vossebelt(1988) werden onderscheiden. De volledige soortenlijst staat in bijlage 1.

| LANDSCHAPS EENHEDEN | VEGETATIETYPES GsEe | BpPp | ZgCm | AaPr | LtGs | CsSs | CfMs | SpTi | BaZg | CmBa | PlPp | MiAp | velden PtBp | SbZg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Pg | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Ug | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| C2e | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | |
| Ut1 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| Ut2 | | | 1 | | | 1 | | 2 | | | | | 1 | |
| Pt2 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| Gt | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Ud | | | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | |
| Pt1 | | | | 1 | 1 | | 2 | | | | | | | |
| Pd | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Gd | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| C2a | | | | | | | 2 | 1 | | | | | | |
| Ge | | | | | | | | | 5 | | | | | |
| B2 | | | | | | | | | | 1 | 3 | | | |
| B1 | | 1 | | | | | | | | 1 | | 1 | | |
| B3 | | 2 | | | | | | | | | | 1 | | |
| Uc2 | | 1 | | 2 | | 1 | | 4 | | | | | | |
| Gc2 | | | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 |
| Uc1 | | | | | | | | 2 | | | | | 7 | 1 |
| Gc1 | | | | | | | | 1 | | | | | 4 | 2 |

Figuur 9.3 Verdeling van de opnames over de vegetatietypes en de landschapseenheden

| struktuur | VEGETATIETYPES BaZg | GsEe | SbZg | PtBp | SpTi | ZgCm | BpPp | CsSs | AaPr | LtGs | CfMs | PlPp | MiAp | CmBa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| BG | 2 | 2 | | | | 2 | | | | 1 | | | | |
| WBG | | | 1 | | 2 | | 1 | | 2 | | | | | |
| WG | | | 3 | 11 | 3 | | | | | | | 1 | | |
| B | | 1 | | | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | | | |
| WB | | | | | 3 | | 3 | 3 | | 1 | | | | |
| W | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Bd | | | | | 1 | | | | | 1 | 2 | | | |
| WBd | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Bt | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| Fo | | | | | | | | | | | | | | 1 |

Figuur 9.4 Matrix van vegetatietypes tegen struktuur, waarin het aantal opnames is aangegeven

# 10 Oecologie van het gebied.

## 10.1 De vegetatie.

### 10.1.1 Inleiding.

De vegetatie in de (Sahelo-)Soudanzone wordt op basis van haar struktuur getypeerd als een struiksavanne. Zoals echter uit de voorgaande hoofdstukken bleek is er, indien nauwkeuriger gekeken wordt, nogal wat variatie te vinden in zowel de struktuur van de vegetatie in het studiegebied als in de kompositie.
De belangrijkste in de literatuur genoemde faktoren die van invloed zijn op de vegetatiestruktuur en -kompositie zijn de vochtbeschikbaarheid, begrazing, vuur en kultivatie.

**De struktuur van de vegetatie.**
De belangrijkste faktor die volgens Walter ('84) de verhouding tussen houtigen en grassen bepaalt is de hoeveelheid water die dieper in de bodem infiltreert en daarmee in het bereik komt van de wortels van de houtigen. Houtigen kunnen zich dan ook alleen handhaven indien de hoeveelheid water die in de bodem infiltreert hoger is dan hun eigen behoefte plus de evapotranspiratie van grassen (het door Walter voorgestelde koncept van konkurrentie tussen grassen en houtigen) of indien de houtigen gevoed worden door grondwater.
Op plaatsen waar infiltrerend water stagneert is de bodem echter te nat voor de wortels van houtigen en zal men natte graslanden aantreffen (Tinley '82).
Volgens Walker & Noy-Meir ('82) zijn er op basis van de vochtbeschikbaarheid drie stabiele verhoudingen te vinden tussen grassen en houtigen. In gebieden met een lage vochtbeschikbaarheid domineren de grassen(grasslands),in gebieden met een hogere vochtbeschikbaarheid domineren de houtigen (woodlands) en daartussen bevinden zich de savannes, welke een min of meer kontinue grasbedekking hebben met verspreid staande bomen en struiken. Volgens Walker & Noy-Meir zijn savannes dus hoofdzakelijk door het klimaat bepaald, Zonneveld ('79) daarentegen stelt dat de savannes in de Soudanzone een woodland karakter zouden hebben indien er geen menselijke beïnvloeding zou zijn.
De invloed die begrazing heeft op de struktuur van de savannevegetatie is komplex. Volgens Walter zou begrazing leiden tot een lagere grasbedekking en daarmee tot een lagere evapotranspiratie door de grasvegetatie waarmee er meer water voor houtigen beschikbaar komt en er verstruiking (bush-encroachment) optreedt. Walter houdt hierbij echter geen rekening met het feit dat sommige dieren specifiek bladeren van houtigen eten (het browsen, bijv. door geiten) en dat anderen, indien ze er de mogelijkheid toe hebben juist grassen en kruiden prefereren (grazen, door koeien en schapen). Bovendien zou volgens McNaughton (aangehaald in Werger '83) lichte begrazing een hogere produktiviteit van de grassen tot gevolg hebben, waardoor deze juist meer zouden gaan transpireren.

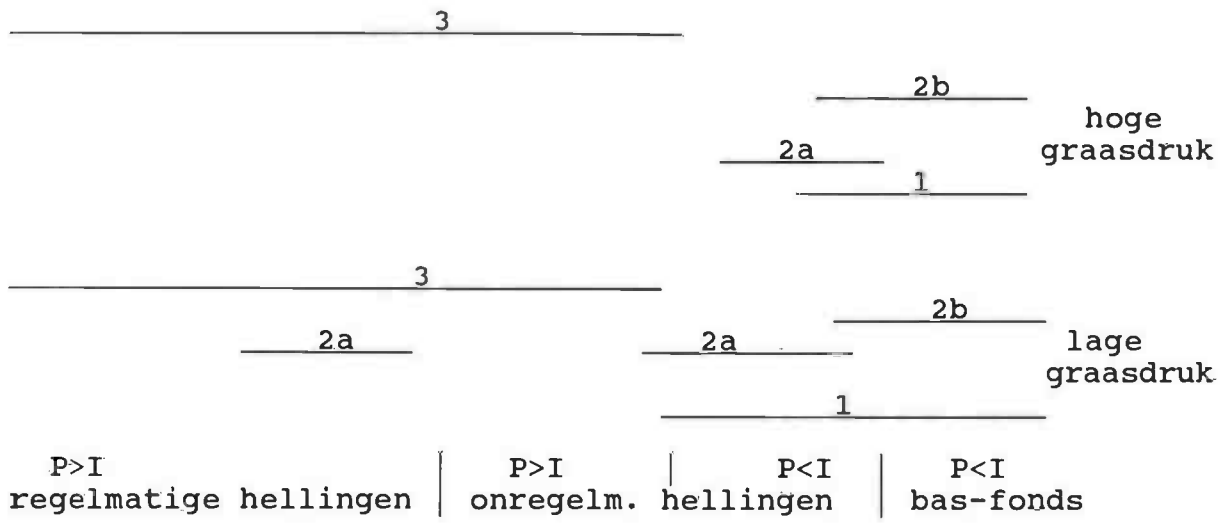
Verder heeft begrazing via betreding nog een effekt op de struktuur van de vegetatie (Breman,Cisse & Djiteye '82). Zo leidt betreding tot hogere run-off waardoor kleine depressies in het terrein meer water aangevoerd krijgen via run-on. Dit leidt tot een verlaging van het aandeel van de houtigen op de hellingen en tot meer houtigen in de depressies.
Wat de invloed van vuur op de struktuur van de vegetatie betreft is het tijdstip van branden van belang. Laat in het droge seizoen branden heeft een veel groter effekt dan vroeg in het droge seizoen omdat in het eerste geval de gras- en kruidlaag veel droger is. Branden in zijn algemeenheid heeft tot gevolg dat jonge opslag van houtigen gedood wordt, grotere bomen worden veel minder snel aangetast (Sanford & Isichei '86). Laat branden leidt tot een soortenarme grassavanne terwijl vroeg branden leidt tot een relatief soortenrijk woodland waarbij enkele soorten de vegetatie domineren (Werger '83 en Sanford & Isichei '86). Verder heeft laat branden een indirekt effekt doordat het verlies van de kruinlaag korstvorming op de bodem door regenval stimuleert.
Kultivatie heeft als effekt dat struiken gerooid worden en dat bepaalde boomsoorten relatief worden bevoordeeld omdat ze door de bevolking gespaard worden vanwege hun ekonomisch nut of omdat bepaalde vruchten of bladeren in het voedsel worden verwerkt.

**De vegetatiekompositie.**
In het kader van het PPS projekt (Penning de Vries & Djiteye '82) en het daarop volgende onderzoek van Cisse (Cisse '86) is veel onderzoek verricht aan de verspreiding van enige biomassa bepalende soorten uit de kruidlaag. Hieruit bleek dat met name de waterbeschikbaarheid voor de planten en begrazing belangrijke faktoren zijn die de verspreiding van de soorten reguleren omdat de soorten via verschillen in kiemingsstrategie en cyclusduur hier verschillend op reageren.
Er worden drie groepen soorten onderscheiden :

- -De meerjarigen
- -De annuellen met snelle homogene kieming en een goede droogteresistente.
- -De annuellen met een langzame en/of heterogene kieming met een vaak slechte droogteresistentie.

In het onderstaande schema staat de verspreiding van deze drie groepen uitgezet tegen toenemende waterbeschikbaarheid en voor een lage en een hoge begrazingsdruk (bron:Cissé,'86).

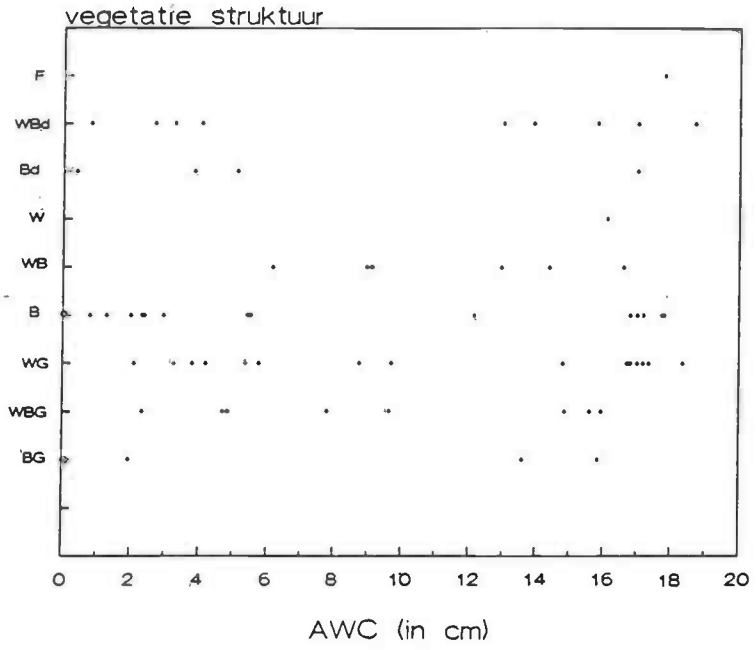
Begrazing heeft tot gevolg dat de meerjarigen in aandeel af zullen nemen, en dat soorten met een korte cyclus in aandeel toe zullen nemen. Bovendien vergroot begrazing de heterogeniteit van de onregelmatige hellingen omdat door betreding de run-off toe zal nemen, waarna dit water in kleine depressies in de grond zal infiltreren.
Door het feit dat waterbeschikbaarheid zo belangrijk is voor de vegetatiekompositie, en dan met name de waterbeschikbaarheid in het begin van het seizoen kan de samenstelling van de kruidlaag van jaar tot jaar sterk wisselen als gevolg van jaarlijkse fluktuaties in het neerslag regime.




### 10.1.2 Faktoren die de vegetatie kompositie en -struktuur in het onderzoeksgebied bepalen.

**De struktuur van de vegetatie**

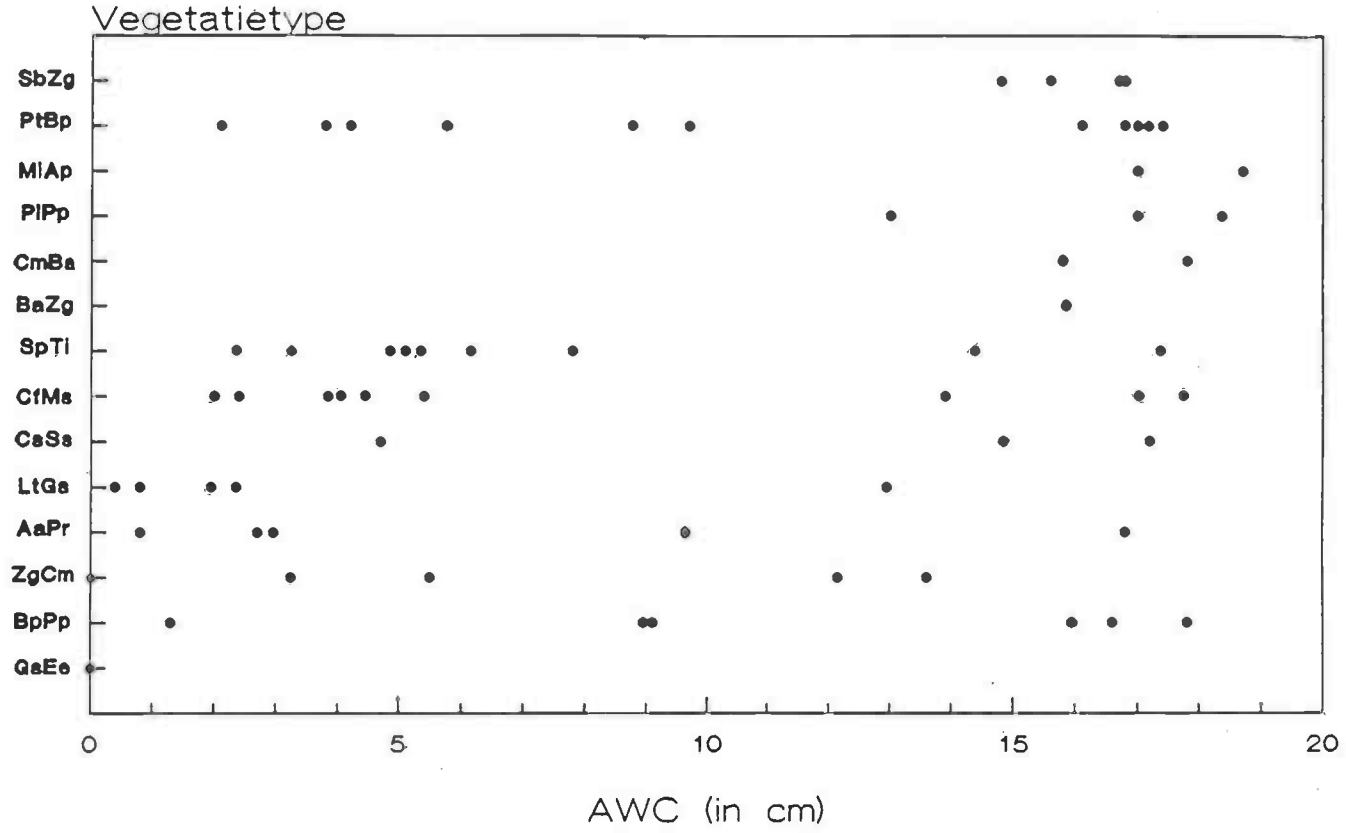
De vegetatiestruktuur is impliciet verwerkt in de landschapseenheden, zie derhalve ook hoofdstuk 7.
Een verband tussen waterbeschikbaarheid, uitgedrukt in AWC, en de struktuur van de vegetatie komt niet naar voren (fig. 10.1). Slechts voor de extreme milieus geldt dat een hoge AWC (de basfonds) samen gaat met een dichte struktuur, en dat gebieden met een extreem lage AWC (de niveaux cuirasses) een open vegetatiestruktuur hebben. Verder hebben ook de glacis erodées, waar de run-off erg hoog,en de infiltratie dus erg laag is een zeer open vegetatie.
De buttes et affleurements rocheux hebben alle een bushland struktuur. De aanwezigheid van graniet in de ondergrond is waarschijnlijk de oorzaak van het feit dat bomen zich hier niet vestigen omdat ze er niet kunnen wortelen.




figuur 10.1 AWC en vegetatiestruktuur per opname

Natte graslanden zoals die in de inleiding genoemd zijn komen in het studiegebied niet voor, althans niet op karteerbare schaal. De struktuur wordt waarschijnlijk grotendeels bepaald door de invloed van de mens. Dit is het duidelijkst in de gekultiveerde gebieden die veelal een wooded grassland struktuur hebben. De struiken worden uit de velden verwijderd, maar bepaalde boomsoorten, zoals de karite (Butyrospermum parkii) en de nere (Parkia biglubosa), worden gespaard vanwege hun nut voor de bevolking. Ook de jonge braaklanden ( het Setaria pallide-fusca-Tamarindus indica type) hebben veelal deze struktuur, maar soms ook een wooded bushland of bushland struktuur.De (waarschijnlijk) vrij natuurlijke vegetaties van het Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis type hebben daarentegen een dichte (wooded) bushland struktuur.
De vegetatietypes Butyrospermum parkii-Pennisetum pedicellaris en Cymbopogon schoenanthus-Sterculia setigera hebben een (wooded) bushland struktuur, maar met name de eerste kan verspreid over de verschillende landschapseenheden voorkomen. De overige vegetatie-typen hebben een zeer variabele struktuur. Waarschijnlijk geldt voor deze braaklanden dat hun ouderdom, begrazingsintensiteit, en de mate waarin ze bloot hebben gestaan aan de feux de brousse de struktuur bepalen, maar daarover zijn geen gegevens verzameld.

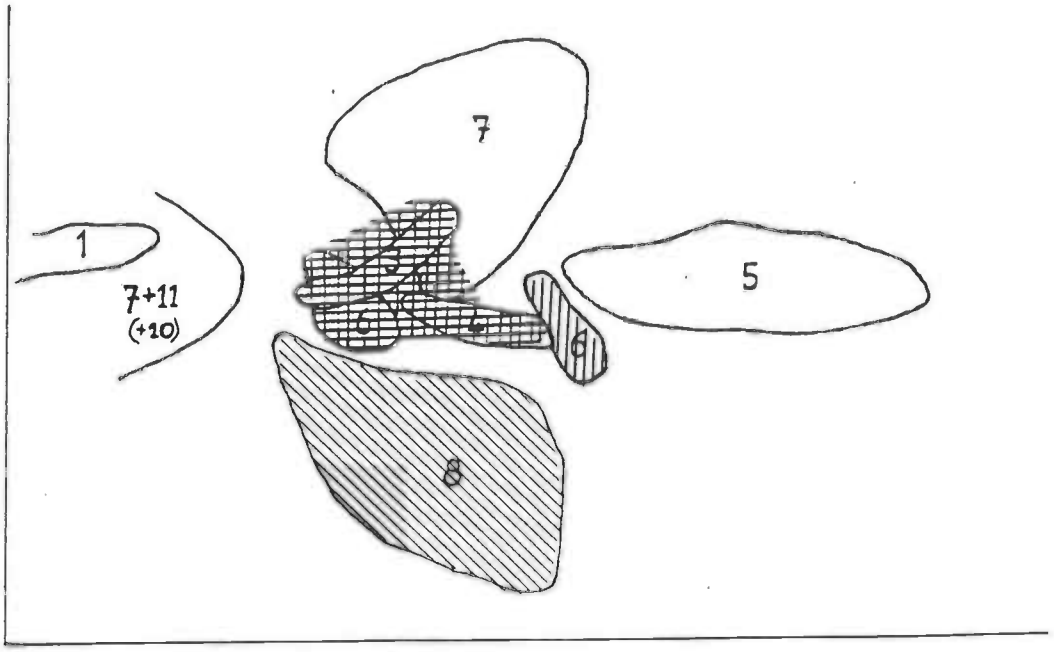
**De kompositie**
Het feit dat in de synoptische tabel vanaf vegetatietype 6 (Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis) in de richting van het Guiera senegalensis-Elionorus elegans type steeds meer sociologische groepen niet meer voorkomen doet vermoeden dat een milieuvariabele dan te extreem wordt voor die soorten. Een milieuvariabele die dat redelijk blijkt aan te geven is de AWC. In figuur 10.2 staat voor de verschillende vegetatietypes uitgezet bij welke AWC ze voorkomen.




figuur 10.2 AWC en vegetatietype per opname

Bij deze figuur moet men zich echter bedenken dat de AWC slechts een schatting is voor de vochtbeschikbaarheid: infiltratie,mikroreliëf en positie op de helling spelen ook een belangrijke rol. Deze faktoren verklaren voor een belangrijk deel de in fig. 10.2 voorkomende variatie.
De AWC tezamen met de grinderigheid van de bodem, de hierboven al genoemde inundatiekans, de kultivatiedruk en de mate van erosie blijken de verspreiding van de verschillende vegetatietypes redelijk te kunnen verklaren. Dit blijkt ook uit de indirekte Bray & Curtis ordinatie (fig. 10.3) die op de vegetatie gegevens is toegepast. Bij deze ordinatie zijn overigens de opnames die gemaakt zijn in de extreme milieus (de bas- fonds en de cuirasse plateaus) niet meegenomen omdat die de ordinatie te veel zouden gaan bepalen.

De vegetatietypes Guiera senegalensis- Elionorus elegans (type 0), Andropogon ascinoides-Piliostigma reticulatum (type 3) en Loudetia togoensis-Guiera senegalensis (type 4) komen op ondiepe bodems voor die vaak niet voor kultivatie gebruikt worden. Deze types vertegenwoordigen dan waarschijnlijk ook redelijk onverstoorde vegetaties,hoewel ze wel gebruikt worden als graaslanden. Het Guiera senegalensis-Elionorus elegans type (type 0) is typisch voor de zeer ondiepe bodems , meestal met cuirasse aan het oppervlak, en wordt verder dan ook niet aangetroffen.
Het Andropogon ascinoides-Piliostigma reticulatum type (type 3) wordt altijd op bodems gevonden met veel grind in de bovenste 30 cm van het profiel en meestal een lage AWC en komt alleen op de hogere delen van de hellingen voor.




1 t/m 11 :vegetatietypes (zie tekst).

:lage AWC (gemiddelde van 4 cm)

:hoge grinderigheid (in 66% van de opnames meer dan 50% grind)

:geërodeerde hellingen.

Fig.10.3 Indirekte Bray-Curtis ordinatie van de vegetatiegegevens.

Het Loudetia togoensis-Guiera senegalensis type (type 4) komt qua milieu waarin het voorkomt sterk overeen met het Andropogon ascinoides-Piliostigma reticulatum type; het komt altijd voor op bodems met een lage AWC die in het bovenste deel soms ook zeer grinderig zijn. Ook dit type komt met name op de hogere delen van de helling voor.
Het Crossopteryx febrifuga-Maytenus senegalensis type (type 6) komt voor op bodems met een matige AWC en vaak op de hogere delen van de helling, en komt niet in de gekultiveerde gebieden voor. Mogelijk ontwikkelt dit type door het voorkomen op bodems met een wat hogere AWC een rijkere en dichtere vegetatie dan de types 3 en 4.
De vegetatietypes Setaria pallidefusca-Tamarindus indica (type 7) en Cymbopogon schoenanthus-Sterculia setigera (type 5) komen voor bij een matige tot hoge AWC, de range die ook voor gekultiveerde velden gevonden wordt. Bovendien komen ze vaak in die gebieden voor waar velden aan te treffen zijn, het is dan ook aannemelijk dat het hier braaklanden betreft.

Het Setaria pallidefusca-Tamarindus indica type bevat soorten als Eragrostis trenula en Borreria ssp. die door Breman en Cisse ('82) genoemd worden als soorten die verlaten akkers koloniseren, en zijn vrij jonge braaklanden.
In het Cymbopogon schoenanthus-Sterculia setigera zijn slechts drie opnames gemaakt en het komt daarvan twee maal voor op bodems met een hoge AWC. Ook het voorkomen van grassen uit de Cymbopogon schoenanthus groep duidt op een hogere vochtbeschikbaarheid (Cisse '86). Dit vegetatietype is mogelijk, ook gelet op de struktuur, vaak een ouder braakland dan het type 7.
De Pennisetum typhoides-Butyrospermum parkii (type 10) en Sorghum bicolor-Zornia glochidiata (type 11) typen zijn de gekultiveerde velden, in het laatste type worden naast het gewas vaak kruiden en struiken gevonden. Het lijkt erop dat er voor dit verschil geen abiotische oorzaak te vinden is, maar dat de oorzaak gezocht moet worden in de kultivatiemethode. Door de invasie van struiken komt dit type in de ordinatie dicht bij enige opnames uit het Cymbopogon schoenanthus-Sterculia setigera type te liggen.
Zodra de omgeving te nat wordt, hetgeen het geval is met de bas-fonds en depressies komen veel soorten groepen niet meer voor. Men vindt dan slechts het soortenarme Butyrospermum parkii-Pennisetum pedicellatum type (type 1),met alleen soorten die zeer algemeen voorkomen of de vegetatietypes 9.1,9.2 en 9.3 die naast enkele algemeen voorkomende soorten ook soorten bevatten die typisch zijn voor de nattere delen. Het vegetatietype 9.3 (Andropogon pseudapricus-Mitragyna inermis) is het type dat daarbij op de natste plaatsen voorkomt. Het type 1 wordt vaak in de buurt van velden gevonden, met name bij velden die dicht bij de bas-fonds liggen. Ook in de ordinatie ligt dit type dicht bij de verstruikte velden en bij sommige jonge braaklanden van het type 7. Waarschijnlijk is dit B.parkii-P.pedicellatum type een jong braakland dat echter soortenarm is gebleven door intensieve kultivatie in het verleden. Vaak worden akkers namelijk gekoloniseerd door rondom de velden staande stroken met een vrij 'natuurlijke' vegetatie (Breman en Cisse '82) Rondom de velden van de glacis en de bas-fonds ontbreken deze stroken echter vaak waardoor kolonisatie door akkeronkruiden meer tijd zal nemen.
Het Balanites aegyptiaca-Zornia glochidiata type (type 8) dat op de geërodeerde glacis voorkomt kenmerkt zich door het feit dat vele soorten op de sterk geërodeerde en droge bodem zich niet meer kunnen handhaven. De differentiërende soort van deze groep (Balanites aegyptiaca) wordt behalve op de geërodeerde glacis ook in de nattere bas-fonds en depressies aangetroffen. Kennelijk is Balanites in staat zich ook onder droge omstandigheden te vestigen bij het ontbreken van konkurrentie waarna hij mogelijk door naar het bas-fond afstromend grondwater gevoed wordt.
Het Zornia glochidiata-Combretum micranthum (type 2) type komt voor op bodems met zeer variabele AWC en grinderigheid en in de verschillende landschapseenheden, maar niet onder natte omstandigheden. Dit type bevat dominante soorten als Zornia glochidiata en Microchloa indica die een korte cyclus duur hebben en daardoor vaak als indikator voor sterke begrazing gezien worden (Breman & Cisse '82). Deze soorten komen weliswaar ook in verschillende andere vegetatietypen voor, maar dan in kombinatie met voor begrazing gevoeliger soorten. Mogelijk zou begrazing dus voor dit vegetatietype een essentiële faktor kunnen zijn.

## 10.2 Termieten

Termietenheuvels vormen een opvallend verschijnsel in de West-Afrikaanse savanne. In het onderzoeksgebied zijn er twee soorten heuvels te onderscheiden: grote gele ,die bewoond worden door Macrotermes bellicosus en kleine grijze die waarschijnlijk bewoond worden door Trinervitermes sp (Vossebelt,1988).

verspreiding van termietenheuvels
Het voorkomen van termietenheuvels is vaak geassocieerd met lokale variaties in topografie,geologie en vegetatie, waardoor ze nuttige indicatoren kunnen zijn bij landschapskarteringen (Lee and Wood, 1971). Bij de luchtfotointerpretatie is het voorkomen van de grote gele heuvels dan ook gebruikt als een belangrijk onderscheidend kenmerk. Tijdens het veldwerk is steeds het al dan niet voorkomen en het aantal van zowel de grote gele als de kleine grijze heuvels genoteerd(tabel 7).
In vrijwel alle landschapseenheden blijken in meer of mindere mate termietenheuvels voor te komen. Alleen in de bas-fonds (B1,B2 enB3) ,op de cuirasseheuvels(C1) en de grinderige hellingen (Pg) ontbreken ze geheel.Eerstgenoemde eenheden zijn waarschijnlijk niet geschikt omdat ze af en toe overstromen en op de cuirasseheuvels ontbreekt een bodem. Daarnaast worden ze op de intensief gebruikte velden (Gc1 en Uc1) slechts zeer zelden aangetroffen en dan betreft het nog voornamelijk fossiele heuvels.

invloed op de bodem
Naast de invloed op het landschap hebben termieten ook een enorme invloed op de bodem. Het massaal voorkomen van termieten in de bodems van het veldwerkgebied, werd zeer duidelijk in enkele profielkuilen. De uitgebreide gangenstelsels, zowel onder/in de heuvels als in de bodem daar omheen,hebben een grote invloed op de porositeit van de bodems.

In de literatuur worden naast effekten op bodemstruktuur nog de invloed op bodemprofiel, bodemvruchtbaarheid en nutriënten-beschikbaarheid genoemd(Lee en Wood). Omdat ze veel fijn materiaal uit diepe horizonten naar het oppervlak brengen voor de konstruktie van de heuvels, ontstaat vaak een omkering van het profiel.En aangezien termieten de belangrijkste detritivoren van de savanne zijn en de organische stof in het voedsel vrijwel volledig afbreken, kan hun strooiselkonsumptie belangrijke konsekwenties hebben. Volgens Domeroy (1986) zou in hun afwezigheid de dekompositie langzamer gaan waardoor er meer humus in de bodem zou zitten en de afgifte van nutrienten meer gespreid zou zijn in plaats van gekoncentreerd rond de termietenheuvels.

invloed op de vegetatie

Met name via modifikatie van de bodem kunnen termieten ook de vegetatie beinvloeden. Tijdens dit onderzoek werd op de grote termitieres vaak een relatief dichte vegetatie aangetroffen, waarbij Combretum micranthum een veel voorkomende soort is. De bodems van de fossiele, geërodeerde heuvels daarentegen waren vrijwel of geheel kaal (waardoor ze als witte stippen op de luchtfoto's zichtbaar zijn).
Dit komt overeen met uit de literatuur bekende effekten. Door Lee en Wood(1971) worden de grote heuvels van Macrotermitinae genoemd als voorbeeld van termitieres die vaak een speciale vegetatie van dicht struikgewas dragen (zie ook Zonneveld,1979). Als belangrijkste veroorzakende faktoren daarvoor noemen zij:

a) bescherming tegen branden.
b) afwezigheid van 'waterlogging', in die zin dat in slecht gedraineerde gebieden de heuvels een relatief droge plaats verschaffen. Door een hogere porositeit zijn ze beter gedraineerd.
c) verschaffen van een grotere bodemdiepte, vooral van belang in gebieden met ondiepe,stenige bodems
d) verschaffen van een vochtiger bodem, omdat ze meer water kunnen vasthouden door een hoger gehalte aan klei,zijn het gunstige standplaatsen in droge, goed gedraineerde bodems.
e) veranderde bodem-chemische eigenschappen. Met name een hogere pH en basenverzadiging en nutrientenbeschikbaarheid. Er wordt vaak meer C,N,Ca,Mg en K in de heuvels dan daarbuiten gevonden, wat afkomstig is van het voedsel dat naarbinnen is gebracht.

Aangezien branden in dit gebied een algemeen voorkomende praktijk is en de bodems vaak (erg)ondiep zijn, zullen m.n. de faktoren a en c een belangrijke rol spelen. Daarnaast zouden ook d en e van belang kunnen zijn, hierover zijn echter geen harde uitspraken te doen omdat de samenstelling van de heuvels niet is onderzocht.

De karakteristieke vegetatie verdwijnt geleidelijk als de heuvels wegeroderen(Lee and Wood;Zonneveld). Als gevolg van sheeterosie zal uiteindelijk het nivo gelijk worden aan dat van de omgeving, maar met meer klei in de toplaag. Bovendien is die laag basischer als gevolg van mineralentransport van de omliggende zandige bodems naar de kleiige, fossiele 'heuvels'. Daardoor wordt de bodem zeer kompakt en de plantengroei belemmerd (Zonneveld,1979). In landbouwgebieden worden ze meestal ook niet bebouwd maar gebruikt als plateau om gewassen te drogen.

## 11. Diskussie.

Zoals uit voorgaande hoofdstukken is gebleken zijn de onderscheiden kaarteenheden geen homogene vegetatie- en bodemkundige eenheden, slechts in de extreme milieus (bas-fonds en cuirassetoppen) is dat wel het geval. Voor de overige eenheden geldt dat zowel kaart- als fotoschaal geen grotere homogeniteit toelaten; binnen deze kaarteenheden komen dan ook mozaieken van verschillende vegetatie- en bodemtypes voor.
De grote variabiliteit van de bodems is al besproken in hoofdstuk 8.1. Met betrekking tot de vegetatie leek uit een eerste waarneming in het veld met name de kruidlaag een grote B-diversiteit te vertonen. Dit was dan ook de reden om de vegetatie van de kruidlaag te beschrijven voor een oppervlakte van 1000m$^2$, zoals ook voor de houtigen gedaan is. Op die manier hoopten we:

a) Vegetatietypes te verkrijgen die redelijk zouden korreleren met de op de luchtfoto's onderscheiden landschapseenheden.
b) Dat de door ons onderscheiden vegetatietypes kombinaties zouden zijn van de door Vossebelt ('88) onderscheiden types.

Ad a). Zoals gezegd komt er toch een grote variatie voor in de vegetatie binnen één landschapseenheid, dit is het sterkst in de matig gekultiveerde gebieden. Om een beter beeld te krijgen van de variatie binnen een landschapstype hadden er per type meer opnames gemaakt moeten worden. Met name enkele landschapstypes zijn nogal onderbemonsterd. Dit is vooral een gevolg van de herinterpretatie van de luchtfoto's ,die is uitgevoerd op basis van de veldwerk resultaten en met het oog op een betere aansluiting bij het werk van Vossebelt. Daardoor is de verdeling van opnames over de verschillende landschapstypes minder evenredig uitgevallen dan op basis van de voorlopige kaarteenheden was gepland.
Ad b). Met name de soortenrijkere vegetatietypes blijken kombinaties te zijn van verschillende types van Vossebelt terwijl de soortenarmere types redelijk overeen komen met bepaalde 'Vossebelt types'. In figuur 11 zijn de onderscheiden vegetatietypes uitgezet tegen die van Vossebelt, waarbij in de matrix staat aangegeven door welke sociologische groepen de verschillen worden bepaald tussen de meest met elkaar overeenkomende types. In tabel 11.1 staat nog eens kort weergegeven met welke (kombinatie van) vegetatietypes van Vossebelt, de hier onderscheiden vegetatietypes te vergelijken zijn.
Het blijkt dat de resultaten die zijn verkregen door de hier toegepaste,grove wijze van vegetatiebeschrijving redelijk in te passen zijn in een bestaande typologie die gebaseerd is op een gedetaileerdere vegetatiebeschrijving (zoals die van Vossebelt). Er blijven weliswaar enige soorten die Vossebelt wel nadrukkelijk vond en wij niet, of vice versa. Dit kan behalve door het verschil in opname methodes ook worden verklaard door het feit dat het door Vossebelt gekarteerde gebied minder intensief in kultuur is gebracht en het feit dat '86 natter was en de regenval bovendien gelijkmatiger over het seizoen was verdeeld dan in '87 (hetgeen voor annuellen van groot belang is).

| veg.types Vossebelt | VEGETATIEYPES GsEe | BpPp | ZgCm | AaPr | LtGs | CsSs | CfMs | SpTi | BaZg | CmBa | PlPp | MiAp | BtBp | SbZg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GbEe | +C.glut*<br>(-C.micr)<br>(-Z.gloc) | +B.park*<br>+C.glut<br>(-Z.gloc) | | | | | | | | | | | | |
| Iglt | | -Z.gloc<br>(-A.asci)<br>(-A.pseu) | | (-A.pseu) | | +T.avic*<br>+B.cost | | | | | | | | |
| HsEe | | | -H.sene*<br>(-A.pseu)<br>(-T.avic) | | = | -H.sene*<br>+A.asci | +C.febr*<br>+Z.maur<br>(+A.asci) | -H.sene*<br>+S.pall*<br>(+E.tren) | | | | | | |
| ApPp | | | | | | | | (+C.micr)<br>(+T.avic)<br>(+E.tren)<br>(-Z.maur) | | | | | | |
| SvPp | | | | | | | +L.togo<br>+C.micr<br>+Z.gloc<br>+T.avic<br>+H.sene<br>(+B.cost)<br>(+A.asci)<br>(-S.pall) | | | | | +H.iner*<br>+B.aegy*<br>-G.sene<br>-B.park<br>(-Z.maur)<br>(-S.pall) | | |
| BlDa | | | | | | | | | -S.pall<br>(-C.micr) | -S.pall*<br>-Z.gloc<br>+A.pseu | -S.pall*<br>-B.aegy*<br>+H.iner*<br>-Z.gloc | | | |
| KsCm | | | | | | | | | | -K.sene*<br>+G.sene | | | | |
| PaSp | | | | | | | | | | | | | | |
| PoMi | | | | | | | | | | | +B.cost<br>+B.park<br>+C.glut<br>+G.sene | +A.pseu*<br>+B.aegy*<br>+C.glut | | |
| CtPt | | | | | | | | | | | | | +B.park* | |
| EtZg | | | | | | | | | | | | | | +B.park*<br>(+G.sene)<br>(+B.cost)<br>(-L.togo) |

+: betreffende sociologische groep komt wel in daarbovenstaand vegetatietype voor en niet in type van Vossebelt waarmee wordt vergeleken
-: betreffende sociologische groep komt niet in daarbovenstaand vegetatietype voor en wel in het daarmee vergeleken type van Vossebelt
*: betreft differentierende of anderszins belangrijke sociologische groep
( ): betreft sociologische groep die van ondergeschikt belang is

Figuur 11. Een vergelijking tussen de hier onderscheiden vegetatietypes met die van Vossebelt '88, waarbij in de matrix, voor de meest overeenkomende types, staat aangegeven door welke sociologische groepen de verschillen worden bepaald

| | |
|---|---|
| G.senegalensis-E.elegans | G.bicolor-E.elegans<br>+ C.glutinosum groep |
| B.parkii-P.pedicellatum | G.bicolor-E.elegans<br>+ aspekten van<br>I.geminata-L.togoensis |
| Z.glochidiata-C.micranthum | 'arm' M.senegalensis-E.elegans<br>o.a. de differentierende groep<br>M.senegalensis ontbreekt. |
| A.ascinoides-P.reticulatum | I.geminata-L.togoensis, minus<br>de A.pseudapricus groep |
| L.togoensis-G.senegalensis | M.senegalensis-E.elegans |
| C.schoenanthus-S.setigera | I.geminata-L.togoensis<br>+ aspekten van<br>M.senegalensis-E.elegans |
| C.febrifuga-M.senegalensis | M.senegalensis-E.elegans<br>+ aspekten van<br>S.virosa-P.pedicellatum |
| S.pallide-fusca-T.indica | A.pseudapricus-P.pedicellatum<br>+ aspekten van<br>M.senegalensis-E.elegans |
| B.aegyptiaca-Z.glochidiata | verarmd B.lata-D.aegyptium<br>met S.pallide-fusca als belang<br>rijkste ontbrekende groep |
| C.micranthum-B.aegyptiaca | K.senegalensis-C.micranthum<br>-K.senegalensis groep, met as-<br>pekten van B.lata-D.aegyptium |
| P.laetum-P.pedicellatum | aspekten van zowel<br>P.orbiculare-M.inermis als<br>B.lata-D.aegyptium |
| M.inermis-A.pseudapricus | P.orbiculare-M.inermis +aspek-<br>ten v. S.virosa-P.pedicellatum |
| P.typhoides-B.parkii | C.tinctorii-P.typhoides<br>+ de B.parkii groep |
| S.bicolor-Z.glochidiata | E.tenella-Z.glochidiata, maar<br>soortenrijker m.n. wat bomen<br>betreft(B.parkii + B.costatum<br>groep) |

Tabel 11.1 De vegetatietypes, uitgedrukt in termen van (kombi naties van) de door Vossebelt onderscheiden types.

Om tot een beter beeld van de oecologische betekenis van de vegetatietypes te komen zou getracht moeten worden een hiërarchisch systeem van vegetatietypes op te zetten. Mogelijk zou dan lager in dit systeem (min of meer vergelijkbaar met het door Westhoff gehanteerde verbondsnivo) een betere koppeling te vinden zijn tussen de vegetatie en de landschapseenheden.
Omdat we bij de eerste interpretatie van de luchtfoto's nog niet de beschikking hadden over de uiteindelijk door Vossebelt ('88) onderscheiden landschapstypes, verschilt de naamgeving met die van Vossebelt en zijn ook inhoudelijk gezien de landschapstypen enigszins verschillend. Op basis van geomorfologie, bodemeigenschappen en vegetatietypering, zijn de landschapstypes vergeleken met de types van Vossebelt en in tabel 11.2 staat aangegeven welke types het meest met elkaar overeenkomen.

| De in dit onderzoek onderscheiden landschapstypes | door Vossebelt onderscheiden landschapstypes |
|---|---|
| C1 | C |
| Pg | Sl1 |
| Ug | Pl1 |
| C2 | - |
| Ut1 | Pm1 & Pm2 |
| Ut2 | Pl |
| Pt2 | Sm |
| Gd | Sm |
| Ud | Pd1 |
| Pt1 | Sm |
| Pd | Pd1 & Pd2 |
| Gd | Sd2 |
| C2a | - |
| Ge | Sw |
| B2 | F2 |
| B1 | F3 |
| B3 | F2 & F3 |
| Uc2 | Pl3 |
| Gc2 | - |
| Uc1 | Pl2 |
| Gc1 | Sl2 |

Tabel 11.2 Vergelijking van de onderscheiden landschapseenheden met die van Vossebelt ('88). Zie voor een omschrijving van de codes Hoofdstuk 7 en Vossebelt '88.

Door Vossebelt is een fysische landevaluatie uitgevoerd voor vier types van regengevoede akkerbouw, drie vormen van veeteelt en voor bosaanplant.Het resultaat daarvan: een geschiktheidsklassifikatie van de verschillende landschapseenheden, is te vinden in bijlage IV.
Aan de hand van tabel 11.2 en bijlage IV kan dus een indruk gekregen worden van de fysische geschiktheid van de meeste door ons onderscheiden landschapseenheden voor de door Vossebelt onderscheiden gebruikstypes. Men moet zich echter bedenken dat deze landevaluatie is uitgevoerd aan de hand van een beperkte hoeveelheid gegevens over bodem en vegetatie. Voor planning van ontwikkelingsprojekten is aanvullend onderzoek nodig, met name naar een aantal voor het landgebruik belangrijke landhoedanigheden en naar sociaal-economische aspekten van het landgebruik (zie ook Vossebelt '88).

## 12 Samenvatting.

Voor u ligt het verslag van een landschapsoecologisch onderzoek van het Noordelijke deel van de peri-urbane zone rond Ouagadougou (Burkina Faso). Door middel van luchtfoto-interpretatie, vegetatieopnames en bodemonderzoek, is het onderzoeksgebied met een totale oppervlakte van ± 1000km², geïnventariseerd (H2). Het resultaat wordt gepresenteerd in de vorm van een landschapskaart, waarop zowel de fysische omgeving (geomorfologie en bodem) als vegetatie en landgebruik in kaart zijn gebracht.
Klimatologisch gezien ligt Ouagadougou, met een gemiddelde neerslag van 830 mm per jaar, in de Soudanzone (H3). In het onderzoeksgebied wordt voornamelijk volgens traditionele methodes zelfvoorzienings-landbouw bedreven, waarbij mil en sorghum de belangrijkste gewassen zijn. Als gevolg van de hoge bevolkingsdruk worden marginale landbouwgronden in gebruik genomen en is de tijdsduur van de traditionele braakperiodes sterk afgenomen. Door de lage bodemvruchtbaarheid moet er bovendien een groot areaal bebouwd worden, waardoor een gebrek aan weidegronden ontstaat en met name de sedentaire veeteelt in problemen komt (H4).
Het landschap wordt gevormd door een zwak golvend, Precambrisch plateau dat wordt ingesneden door,over het algemeen ondiepe, bas-fonds en slechts hier en daar wordt onderbroken door een uitstekende granietrots, heuvelrug of cuirassetafel (H5+6).
Op basis van de geomorfologie zijn 5 hoofdlandschappen onderscheiden, die weer zijn onderverdeeld in sublandschappen. Bij deze onderverdeling zijn de vegetatiestruktuur en het voorkomen van termietenheuvels de belangrijkste onderscheidende kriteria (H7).
In het gebied domineren de,over het algemeen oude en sterk verweerde, ferrugene bodems. De oppervlakte laag heeft voornamelijk een lemige of zandige textuur, waardoor korstvorming zeer algemeen voorkomt. Daardoor wordt de infiltratie van water in de bodem sterk belemmerd en neemt oppervlakte-afstroming toe. Samen met de slechte struktuurstabiliteit van deze oppervlakte-laag en menselijke ingrepen (verwijdering van de vegetatie) veroorzaakt dit een versnelde erosie. Sheeterosie komt dan ook algemeen voor en in de intensief in kultuur gebrachte delen worden bovendien vaak rills aangetroffen(8.1).
De bodemvruchtbaarheid is over het algemeen laag door dominantie van kaolinitische klei met een lage kationen-uitwisselingskapaciteit en weinig mineralenreserves. Bovendien is a.g.v. uitspoeling de basenverzadiging over het algemeen gering(8). Dit geldt met name voor de hogere landschapsdelen (Reliefs residuels en Pentes) waar bovendien vaak ondiepe grinderige bodems worden aangetroffen met een geringe waterbeschikbaarheid. Plaatselijk ontbreekt de bodem geheel en komt het cuirasse aan de oppervlakte. Onder de wat nattere omstandigheden van de laaggelegen hellingen (Glacis) en vooral in de bas-fonds zijn de bodems dieper en kleiiger en niet of weinig grinderig.

De grote undulerende vlakte (Plaines) daartussen wordt gekenmerkt door een grote bodemvariabiliteit, zowel diepte als samenstelling kunnen op korte afstand sterk wisselen.

De vegetatie geeft een vrij monotone indruk, wat tot uitdrukking komt in het gegeven dat een vrij groot aantal sociologische groepen over een breed gebied voorkomt (9.2). De struktuur varieert van grasland (of vrijwel kaal) op de zeer ondiepe, stenige bodems tot dicht boom-struikgewas op de diepe, kleiige bodems van de bas-fonds. Het algemene beeld is echter die van een struiksavanne met bomen (9.1).
Met uitzondering van de extreme milieus (bas-fonds en cuirasse-toppen)blijken de onderscheiden kaarteenheden zowel bodemkundig als vegetatiekundig echter niet homogeen te zijn. Er komen vaak mozaieken van verschillende bodem en vegetatietypes voor omdat zowel kaart als fotoschaal geen grotere homogeniteit toelaten (7,8,9).
De struktuur lijkt voornamelijk bepaald te worden door menselijke invloeden; het in kultuur brengen van de grond is de belangrijk-ste faktor en ook de duur van de braakperiode, begrazing en branden zullen hier van invloed zijn. De verspreiding van de verschillende vegetatietypes blijkt redelijk verklaard te kunnen worden door de waterbeschikbaarheid (AWC), tezamen met de grinderigheid van de bodem, de inundatiekans, kultivatiedruk en mate van erosie (10.1.2).
Termietenheuvels vormen een opvallend verschijnsel in dit savannelandschap. Ondergronds blijkt het effekt van termietenaktiviteit echter minstens zo spektakulair te zijn. Het uitgebreide net van gangenstelsels heeft grote invloed op de porositeit van de bodem en ook de textuur en het profiel zullen beinvloed worden door de graafaktiviteiten van deze organismen. Met name via modifikatie van de bodem wordt ook de vegetatie beinvloed (10.2).
Uit de vergelijking van de onderscheiden vegetatietypes met die van Vossebelt '88 blijkt dat de resultaten van de hier toegepaste grove vegetatiebeschrijving (alleen dominante en sub-dominante soorten)redelijk zijn in te passen in de typologie van Vossebelt. Deze typologie is gebaseerd op gedetaileerde vegetatieopnames van 1986 in het Zuidoostelijke deel van de peri urbane zone (11).

**Literatuur.**


Booker T.S.,1984. Tropical soil manual. edited by J.R.Landon. Longman Inc. New York.

Boulet R.,1976. Notice des cartes des ressources en sols de la Haute Volta. ORSTOM, Paris.

Buringh P.,1970. Introduction to the study of soils in tropical d subtropical regions. Wageningen.

Breman H.,A.M.Cissé ,M.A.Djiteye & W.Th.Elberse, 1982. Le potentiel botanique des paturages. in: Penning de Vries F.W.T. & M.A.Djiteye

Breman H.,A.M.Cissé & M.A.Djiteye,1982. Exploitation, degradation et desertification, pg.352-386 in: Penning de Vries F.W.T. & M.A. Djiteye.

Broekhuyse J.Th.,1982. De Mossi,een volk van akkerbouwers in Boven-Volta.in:P.H.J.van den Boorn en M.P.van Dijk. De Sahel na de grote droogte. Koninklijk Instituut voor de Tropen, Amsterdam.

Cissé ,1986. Dynamique de la strate herbacée des paturages de la zone Sud-Saheliene. Pudoc, Wageningen.

Dijk van M.P.,1982. Landendocumentatie nr.6 Boven Volta. Koninklijk Instituut voor de Tropen,Amsterdam.

FAO,1977. Guidelines for soil profile description.

FAO,1987. Soil map of the world 1:5.000.0000, revised legend.

Fresco L.F.M.,1987. VEGROW. Manual bij programma pakket VEGROW. Laboratorium voor plantenoecologie. RU.Groningen.

Gils van H.A.M.J.en W.van Wijngaarden,1984. Vegetation structure in reconnaissance and semi-detailed vegetation surveys. ITC Journal 1984-3,Enschede.

Hutchinson J.and J.M.Dalziel,1954. Flora of Tropical West Africa; Volume I,II en III. Crown Agents for Overseas Governments and Administrations,London.

Huntley B.J. and B.M.Walker,1982. Ecology of Tropical savannas, Ecological Studies nr.42.

Jones M.J.and A.Wild, 1975. Soils of the West African savanna. Technical communication no.55 of the Commonwealth Bureau of Soils,Harpenden.

Kaloga B.,1968. Carte pedologique de reconnaissance de la republique de Haute Volta,Centre Sud. Centre ORSTOM,Dakar.

Kessler & Ohler, 1983. Uit: Documentatie bij het advies 'Milieu en ontwikkeling' van de Commissie Ecologie en Ontwikkelingssamenwerking (1986).

Kowal J.M.and A.H.Kassam,1978. Agricultural ecology of the savanna. A study of West Africa.Clarendon Press,Oxford.

Lee K.E.and T.G.Wood,1971. Termites and soils. Acadamic Press, New York/London.

Ministere de l'equipement,1984.Schema d'amenagement de la banlieu de Ouagadougou (SABO). Etudes socio-economiques.

Ministere de l'equipement,1985. Schema d'amenagement de la banlieu de Ouagadougou. Plan d'amenagement provisoire de Koubri.

Moorman F.R.,1981.Representative toposequences of soils in Southern Nigeria and their pedology, pg. 10-29 in: Greenland D.J.(ed.) Characterization of soils. Oxford Press, New York.

Munsell Soil Color Charts,1975. Kollmorgen corporation,Baltimore.

Penning de Vries F.W.T.& M.A.Djiteye (ed.), 1982.La productivité des paturages Saheliens. Pudoc, Wageningen.

Peron Y.en V.Zalacain,19... Atlas de la Haute Volta.Jeune Afrique ,Paris.

Prins M.,1986. Een korte oecologisch bodemkundige studie in het Bois de Barrage,Ouagadougou,Burkina Faso. Vakgroep Planten-oecologie, RU Groningen.

Pritchard J.M.,1979. Landform and landscape in Africa. Edward Arnold Ltd,Kent.

Purdue University,1983. Semi-arid food grain research and development program. Annual report 1982.

Sanford W.W.and A.O.Isichei,1986. Savanna,pg 95-150 in: Lawson G.W.(ed.) Plant ecology of West Africa.

Schroeder D.,1978.Bodenkunde in Stichworten. Hirt Verlag,Hamburg.

Stoop W.A.,1987. Variations in soil properties along three toposequences in Burkina Faso and implications for the development of improved cropping systems. In: Agriculture, Ecosystems and Environment, 19 (1987) pg. 241-264.

Stroosnijder,1982. La pedologie du Sahel et du terrain d'etude, pg.52-71 in: Penning de Vries F.W.T. & M.A.Djiteye.

Tinley K.L.,1982. The influence of soil moisture balance on ecosystem patterns in Southern Africa, pg.175-192 in: Huntley B.J. & B.M.Walker.

Tricart J.,1974. Traite de geomorphologie,Tome V,le modele des regions chaudes;forets et savannes, Paris.

Vossebelt G.,1988. Een landschapsoecologische vegetatiekartering e landevaluatie tussen Ouagadougou en Nakambe, Burkina Faso (West Afrika). Vakgroep Plantenoecologie RU Groningen.

Walker and Noy-Meir,1982. In: Huntley B.J.and B.M.Walker (ed).

Walter H.,1984. Okologie der Erde,Band 2: Spezielle ökologie der tropischen und subtropischen Zonen.Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Werger M.J.A.,1983. Tropical grasslands, savannas and woodlands: Natural and manmade. in:Holzner W.,M.J.A.Werger & I.Ikusima (ed.) Man's impact on vegetation.

Wijngaarden W.van,1983. Inventory and evaluation of the natural resources of the Baoulé region,Mali. ITC,Enschede.

Zonneveld I.S.,1979. Land evaluation and landscape science. ITC,Enschede.

Zonneveld I.S.,1980. Some consequences of the mutual relationship between climate and vegetation in the Sahel and Sudan. ITC Journal 1980-2, Enschede.

**Soortenlijst.** **Bijlage 1**

| soortsnaam | familienaam |
|---|---|
| Acacia albida | Mimosaceae |
| Acacia dudgeonii | Mimosaceae |
| Acacia gourmaensis | Mimosaceae |
| Acacia macrostachia | Mimosaceae |
| Acacia pennata | Mimosaceae |
| Acacia seyal | Mimosaceae |
| Acanthospermum hispidum | Compositeae |
| Adansonia digitata | |
| Aeschynomene indica | |
| Ageratum coniroides | |
| Andropogon ascinoidis | Gramineae |
| Andropogon fastigatus | Gramineae |
| Andropogon gayanus | Gramineae |
| Andropogon pseudapricus | Gramineae |
| Andropogon spec | Graminae |
| Anogeissus leiocarpus | Combretaceae |
| Annona senegalensis | Annonaceae |
| Arachis hypochea | Papilionaceae |
| Aristida adscensionis | Gramineae |
| Aristida kerstingii | Gramineae |
| Azadirachtra indica | Meliaceae |
| Balanites aegyptiaca | Zygophyllaceae |
| Blepharis linarifolia | Acanthaceae |
| Bombax costatum | Bombaceae |
| Borreria filiformis | Rubiaceae |
| Borreria stachydea | Rubiaceae |
| Borreria spec | Rubiaceae |
| Brachiaria jubata | Gramineae |
| Brachiaria lata | Gramineae |
| Butyrospermum parkii | Sapotaceae |
| Cachorus tridens | |
| Calotropis procera | Asclepiadaceae |
| Capparis corymbosa | Capparidaceae |
| Cassia sieberiana | Ceasalpiniaceae |
| Cassia singueana | Ceasalpiniaceae |
| Cassia torra | Ceasalpiniaceae |
| Chloris pilosa | Gramineae |
| Chrysochloa hindii | |
| Cochlospermum planchonii | Cochlospermaceae |
| Cochlospermum tinctorii | Cochlospermaceae |
| Combretum aculeatum | Combretaceae |
| Combretum glutinosum | Combretaceae |
| Combretum micranthum | Combretaceae |
| Corchorus fasicularis | Tiliaceae |
| Crossopteryx febrifuga | Rubiaceae |
| Crotalaria maderaspelensis | Papilionaceae |
| Cymbopogon schoenanthus | Gramineae |
| Cynodon dactylon | |
| Cyperus dilatatus | Cyperaceae |
| Cyperus sp | Cyperaceae |
| Detarium microcarpum | Ceasalpiniaceae |
| Dichrostachys cinerea | Mimosaceae |

| soortsnaam | familienaam |
|---|---|
| Digitaria horizontalis | Gramineae |
| Diospyros mespiliformis | Ebenaceae |
| Echinochloa colona | Gramineae |
| Elionorus elegans | Gramineae |
| Elionorus pobeguinii | Gramineae |
| Entada africana | |
| Eragrostis tenella | Gramineae |
| Eragrostis trenula | Gramineae |
| Feretia apodanthera | Rubiaceae |
| Ficus gnaphalocarpa | Moraceae |
| Ficus platiphylla | Moraceae |
| Fimbristylus hispidula | Cyperaceae |
| Gardenia erubescens | Rubiaceae |
| Gardenia ternifolia | Rubiaceae |
| Grewia bicolor | Tiliaceae |
| Grewia lasiodigus | Tiliaceae |
| Grewia mollis | Tiliaceae |
| Grewia sicolidus | Tiliaceae |
| Guiera senegalensis | Combretaceae |
| Helantaria elyptica | |
| Holarrhena floribunda | Apogynaceae |
| Hibiscus sp | Malvaceae |
| Hygrophila auriculata | Acanthaceae |
| Hypomea pestigridis | |
| Hyparrhenia rufa | Gramineae |
| Hysicarpus ovalifolius | |
| Hystis specigera | |
| Indigofera pulchra | Papilionaceae |
| Indigofera tinctoria | Papilionaceae |
| Lannea acida | Anacardiaceae |
| Lannea microcarpa | Anacardiaceae |
| Lannea velutina | Anacardiaceae |
| Lantana rhodensiensis | Verbenaceae |
| Lippia chevalieri | Verbenaceae |
| Loudetia togoensis | Gramineae |
| Maytenus senegalensis | Celastraceae |
| Microchloa indica | Gramineae |
| Mitragyna inermis | Rubiaceae |
| Oryza barthii | Gramineae |
| Panicum anabaptistum | Gramineae |
| Panicum laetum | Gramineae |
| Panicum sp | Gramineae |
| Parinaria curatellifolia | Rosaceae |
| Pandiaka heudelotii | Amaranthaceae |
| Parkia biglubosa | Mimosaceae |
| Pennisetum pedicellatum | Gramineae |
| Pennisetum typhoides | Gramineae |
| Piliostigma reticulatum | Ceasalpiniaceae |
| Piliostigma thonningii | Ceasalpiniaceae |
| Pterocarpus erinaceus | Papilionaceae |
| Rytachne triarista | |
| Schoenfeldia gracilis | Gramineae |
| Schizachyrium sanguineum | Gramineae |
| Sclerocarya birrea | Anacardiaceae |

| soortsnaam | familienaam |
|---|---|
| Securinega virosa | Euphorbiaceae |
| Setaria pallide-fusca | Gramineae |
| Setaria sphecelata | Gramineae |
| Sida alba | Malvaceae |
| Sorghum bicolor | Gramineae |
| Sporobulus pyramidalis | Gramineae |
| Sterculia setigera | Sterculiaceae |
| Striga hermontheca | Scrophulariaceae |
| Stylochiton hypogaeus | Araceae |
| Tamarindus indica | Ceasalpiniaceae |
| Tecktona grandis | Verbenaceae |
| Terminalia avicennoides | Combretacea |
| Tripogon minimus | Gramineae |
| Vernonia panciflora | |
| Vigna unguiculata | Papilionaceae |
| Vitex sp | |
| Waltheria indica | Sterculiaceae |
| Ximenia americana | Olacaceae |
| Ziziphus mauritiana | Rhamnaceae |
| Ziziphus mucronata | Rhamnaceae |
| Ziziphus spinachristii | Rhamnaceae |
| Zornia glochidiata | Papilionaceae |

VEGETATIETABEL

**bijlage 2**

| vegetatietype | GsEe | BpPp | | | | | | ZgCm | | | | | AaPr | | | | | | LtGs | | | | | CsSs | | | | CfMs | | | | | | | SpTi | | | | | | | | BaZg | | | | | CmBa | | PlPp | | | MiAp | | PtBp | | | | | | | | | | SbZg | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| nr | 5 | 6 | 6 | | | 2 | | | | 2 | 4 | | 1 | | 3 | 6 | 1 | 6 | 5 | 4 | 5 | 5 | 2 | 4 | 5 | 1 | 1 | 3 | 2 | 5 | 2 | 3 | 1 | 4 | 7 | 7 | 7 | 5 | 2 | 7 | 3 | | 7 | 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 6 | 1 | 6 | 1 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 | 5 | 3 | 3 | 6 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 6 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | | | 3 |
| soortsnaam | 5 | 5 | 4 | 2 | 9 | 5 | 6 | 5 | 9 | | 5 | 4 | 4 | 1 | 6 | 9 | 1 | 3 | 4 | 8 | 2 | 6 | 1 | 3 | 1 | 2 | 9 | 4 | 2 | 7 | 3 | 8 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 9 | 7 | 4 | 1 | 3 | 5 | 0 | 3 | 6 | 9 | 8 | 6 | 0 | 1 | 7 | 8 | 8 | 7 | 8 | 7 | 6 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 9 | 5 | 3 | 1 | 6 | 0 | 6 | 3 | 0 | 4 | 7 | 8 | 7 |
| Elionorus elegans | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | 2 | 2 | | | 2 | | | 1 | | 1 | 1 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | | 2 | 2 | 1 | | 2 | 1 | | | | | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | |
| Loudetia togoensis | 2 | | | | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | | 2 | | 2 | 1 | | | | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 1 | | | | 2 | | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 | | 2 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 | | | |
| Pandiaka heudelotii | | | | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | |
| Andropogon fastigatus | 2 | 2 | | | | | | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | | | 1 | | | | | 2 | | | | 2 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Pennisetum pedicellatum | | | | 2 | | 2 | | 2 | 2 | | 2 | | 2 | | | 2 | 1 | | | 1 | | 2 | | 1 | 1 | | | | | | 2 | | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 2 | | | 2 | 1 | | | 2 | | 1 | | | | 1 | | 2 | 1 | | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | 2 | | 2 | |
| Combretum aculeatum | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Guiera senegalensis | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | | | | 2 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | | | 2 | 1 | | | 1 | 2 | | | 2 | 1 | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 1 | | | 1 | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | | |
| Andropogon gayanus | | | | | 2 | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 2 | 1 | | 1 | | | | | 2 | | | 2 | | 1 | 1 | | | | | 2 | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Piliostigma reticulatum | | | | 2 | 2 | | | | | 2 | 1 | | | | | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | | 2 | | | | 1 | | 2 | | | | | | 1 | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 1 | 2 | 2 | | | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | 2 | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Combretum glutinosum | 2 | 2 | 2 | | | | 2 | 2 | 2 | | 2 | | 2 | | 1 | 1 | 2 | | | 2 | | | 2 | 2 | 1 | | | | | | 2 | 2 | | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acacia seyal | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | 2 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 2 | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Parkia biglubosa | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | 2 | | | | 1 | | | 1 | 1 | 2 | | 2 | | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | | | 2 | 1 | 2 | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | 2 | 2 | | | | 2 | 2 | | | | |
| Sclerocarya birrea | | | | 2 | | 1 | | | | | | | 2 | | 1 | | | 1 | 2 | | | | | 2 | | | | | 2 | 2 | | | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | 2 | | | | 2 | | | | 2 |
| Butyrospermum parkii | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 1 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | | | 1 | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Acacia macrostachia | | | | | 2 | 2 | | | | | | | 1 | 2 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 2 | | | | | 2 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Combretum micranthum | 2 | | | | | 2 | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | | 2 | 1 | 2 | | | 2 | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | 1 | | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lannea acida | | | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | | 1 | | 2 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 2 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| Bombax costatum | | | | | | | 2 | | 2 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | 2 | | | 1 | 1 | | | 2 | | 2 | |
| Sterculia setigera | | | 1 | | | | | | | | 1 | 2 | 2 | | 1 | | | | | | | | 2 | 1 | | | | 2 | | 2 | | | | | 2 | 2 | | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Zornia glochidiata | | | | 2 | | | | | | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | | 2 | | | | | 1 | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | | | | 2 | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | | | | 2 | 2 | | 1 | 1 | | 1 | | | | 2 | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 2 | | | 2 | 2 | 2 | |
| Microchloa indica | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | | 2 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 1 | | | 2 | 2 | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Andropogon ascinoidis | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diospyros mespilliform. | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | 2 | | | | | 2 | | | 1 | | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Gardenia erubescens | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lannea microcarpa | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Indigofera tinctoria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azadirachtra indica | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cochlospermum tinctorii | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cassia singueana | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Terminalia avicennoides | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 2 | | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Waltheria indica | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | 2 | 2 | | 2 | | | | 2 | | 1 | | 1 | | 2 | 2 | 2 | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| Lippia chevalieri | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cymbopogon schoenanthus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 2 | 2 | 1 | | 2 | 2 | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | |
| Andropogon pseudapricus | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 2 | | | 1 | | | | 2 | | 2 | | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anogeissus leiocarpus | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 2 | | 2 | 2 | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | 2 | 2 | 2 | | | | | | 2 | 1 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Grewia sicolidus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schoenfeldia gracilis | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piliostigma thonningii | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tamarindus indica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | 1 | | | | 1 | | 1 | | 2 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 2 | 2 |
| Cassia sieberiana | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maytenus senegalensis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acacia gourmaensis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 2 | 1 | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acacia dudgeonii | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | 2 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | |
| Pennisetum typhoides | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | | | 2 |
| Sorghum bicolor | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | 1 | | 2 | 2 | 2 | | |
| Vigna unguiculata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 | 1 | 2 | | | | | 2 |
| Hybiscus sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | 2 | 1 | 2 | | | | 1 | |
| Digitaria horizontalis | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | 2 | | | | | |
| Acacia albida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Cyperus sp. | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Ximenia americana | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 2 | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ziziphus mauritiana | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Indigofera pulchra | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Securinega virosa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Crossopteryx febrifuga | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Annona senegalensis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hypomea pestigridis | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gardenia ternifolia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Setaria pallide-fusca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 2 | | | 2 | 2 | 2 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ficus sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | |
| Borreria sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aristida adscensionis | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | | | 2 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| Eragrostis trenula | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 2 | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| Vernonia panciflora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| Balanites aegyptiaca | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | | | 2 | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stylochiton hypogaeus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mitragyna inermis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cassia torra | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Echinochloa colona | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Panicum laetum | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2 = dominant
1 = sub-dominant

Profielbeschrijvingen; de gemeten bodemeigenschappen per horizont waarbij de opnames zijn ingedeeld naar landschapseenheden.

| ls.eenh. (1) | opn (2) | diepte (3) | hor. (4) | diepte (5) | text (6) | grind (7) | kleur (8) | mottl (9) | pH (10) | gr.opp(%) (11) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | 14 | 0 | | | | | | | | 75 |
| | 55 | 0 | | | | | | | | 20-100 |
| | 65 | 0 | | | | | | | | 95 |
| C2 | 33 | 40 | 1 | -10 | LAS | | br | | 5.5 | 40 |
| | | | 2 | -30 | SL | | yell.br. | | 6.5 | |
| | | | 3 | -40 | LAS | | d.yell.br | s.br | 6 | |
| | | | 4 | -40 | car | | | | | |
| | 59 | 30 | 1 | -10 | SL | 2 | d.gr.br | aanW | 7.5 | 15 |
| | | | 2 | -30 | S | 3 | d.br | aanW | 5.5 | |
| | 15 | >30 | 1 | -20 | SL | | gr.br | | | "? |
| | | | 2 | -25 | SL | 2 | d.br | | | |
| | | | 3 | -30 | SL | 3 | br | | | |
| | 4 | >45 | 1 | -10 | SL | 0 | d.br | | | "? |
| | | | 2 | -45 | SL | 0 | br | | | |
| | | | 3 | 45 | LAS | 2 | redd.y | yell.r | | |
| | 29 | >45 | 1 | -10 | L | 0 | d.gr.br | | 6 | 5+Cu |
| | | | 2 | -20 | L | 1 | yell.br | | | |
| | | | 3 | -45 | LA | | s.br | yell.r | 5 | |
| | 34 | 120 | 1 | -10 | LAS | 0 | d.br | | 6.5 | 0-70 |
| | | | 2 | -30 | A | 0 | yell.r | | | |
| | | | 3 | -50 | A | 2 | red | | 5.5 | |
| | | | 4 | -120 | A | 1 | red | yell | 5.5 | |
| Pg | 64 | 0 | | | | | | | | 95 |
| | 54 | 10 | 1 | -10 | SL | 3 | d.y.br | | 6.5 | 10-100 |
| Pt1 | 12 | >20 | 1 | -20 | LS | 0 | d.gr.br | | | 30-100 |
| | 48 | 30 | 1 | -5 | S | 2 | d.br | | 7 | 50 |
| | | | 2 | -25 | SL | 3 | br | | | |
| | | | 3 | -30 | LAS | 3 | yell.r | | 6 | |
| | 72 | 95* | 1 | -18 | SgL | 1 | d.br | ! | 6 | 40-60 |
| | | | 2 | -29 | LAS | 2 | s.br | ! | 5 | +Cu |
| | | | 3 | -34 | LAS | 3 | s.br | ! | 5.5 | |
| | | | 4 | -43 | LAS | 3 | redd.y | ! | 5.5 | |
| | | | 5 | -95 | LA | 2 | yell | yell.r s.br | 7.5 | |
| | 73 | 101* | 1 | -12 | LS | 3 | yell.br | | 7 | 10+Cu |
| | | | 2 | -70 | LAS | 3 | yell.br | | 6 | |
| | | | 3 | -101 | AL | 2 | yell.br | redd.y yell | 7.5 | |
| Pt2 | 52 | 15 | 1 | -7 | LAf | 0 | br | | 7.5 | 50-80 |
| | | | 2 | -15 | AL | 0 | gr.br | | 6.5 | +Cu |
| | | | 3 | 15+ | cu? | | | | | |
| | 51 | 20 | 1 | -3 | L | 2 | d.br | | 8 | 60 |
| | | | | -20 | L | 4 | | | 6 | |
| Pd | 23 | 60 | 1 | -15 | LS | 0 | d.gr.br | | 6.5 | 10 |
| | | | 2 | -30 | LAS | 1 | d,yell.br | | | |
| | | | 3 | -50 | LA | 2 | yell.br | red | 6.5 | |
| | | | 4 | -60 | LA | 2 | s.br | | | |
| Ug | 63 | 50 | 1 | -10 | LS | 1 | d.br | | 7 | 40 |
| | | | 2 | -20 | LAS | 2 | br | | 7 | |
| | | | 3 | -30 | AL | 3 | yell.r | | | |
| | | | 4 | -50 | A | 2 | red | | | |
| Ut1 | 6 | 10 | 1 | -10 | LS | 3 | d.br | | | 50+Cu |
| | 38 | 25 | 1 | -10 | LA | 1 | gr.br | | 7.5 | 20-100 |
| | | | 2 | -20 | A | 2 | br | gr | 6.5 | |
| | | | 3 | -25 | A | 3 | | | | |
| | | | 4 | -25+ | car | | | | | |

| lseenh. (1) | opn (2) | diepte (3) | hor. (4) | diepte (5) | text (6) | grind (7) | kleur (8) | mottl. (9) | pH (10) | gr.opp(%) (11) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ut2 | 57 | 10 | 1 | -10 | L | 1 | d.br | | 7 | 3 |
| | 10 | >35 | 1 | -18 | SL | 0 | p.br | | | - |
| | | | 2 | -35 | L | 0 | yell.br | | | |
| | 3 | >45 | 1 | -20 | LS | 0 | d.gr.br | | | - |
| | | | 2 | -45 | AS | 0 | br | | | |
| | | | 3 | >45 | LA | 2 | l.br | | | |
| | 1 | 100 | 1 | -20 | LS | 0 | br | | | - |
| | | | 2 | -40 | SL | 0 | br | | | |
| | | | 3 | -60 | LA | 0 | l.yell.br | s.br | | |
| | | | 4 | -100 | AL | o | l.gr | s.br | | |
| | 74 | 98* | 1 | -22 | SL | 0 | d.br | | 6.5 | - |
| | | | 2 | -42 | SL | 2 | yell.br | | 6.5 | |
| | | | 3 | -55 | LAS | 2 | s.br | d.yell.br | 6 | |
| | | | 4 | =98 | LA | 3 | yell.br | d.yell.br | 5.5 | |
| Ud | 43 | 10 | 1 | -10 | SL | 3 | d.br | | 5.5 | 50 |
| | | | | >-10 | Cu | | | | | |
| | 45 | 25 | 1 | -5 | LS | 2 | d.br | | 7 | 50+Cu |
| | | | 2 | -25 | LS | 3 | d.br | | | |
| | 71 | 105* | 1 | -12 | SL | 1 | d.br | | 6.5 | 5 |
| | | | 2 | -27 | SgL | 1 | d.yell.br | | 6 | |
| | | | 3 | -40 | LSg | 3 | d.br | redd,y | | |
| | | | 4 | -74 | | 3 | br.y | redd.y | | |
| | | | 5 | -105 | AS | 2 | s.br | | | |
| | | | | | | | yell.r | | | |
| Uc2 | 11 | 20 | 1 | -5 | SL | 1 | d.br | | | ? |
| | | | 2 | -20 | LS | 2 | br | | | |
| | | | 3 | >-20 | | 4 | | | | |
| | 27 | 20 | 1 | -5 | SfL | 1 | d.yell.br | | 7.5 | 0-80+Cu |
| | | | 2 | -20 | L | 3 | d.br | | | |
| | 31 | 25 | 1 | -10 | LS | 0 | gr.br | | 7 | 10+Cu |
| | | | 2 | -25 | L | 2 | yell.br | | 7 | |
| | | | 3 | >-25 | | | | | | |
| | 16 | 30 | 1 | -10 | AL | 0 | gr.br | | | 10-50 |
| | | | 2 | -25 | A | 0 | p.br | | | |
| | | | 3 | -30 | A | 3 | p.br | | | |
| | | | 4 | >-30 | Car | | | | | |
| | 39 | 35 | 1 | -10 | LAS | 2 | d.br | | | ? |
| | | | 2 | -30 | AL | 2 | s.br | | | |
| | | | | | | | d.gr.br | | | |
| | | | 3 | -35 | A | 3 | s.br | | | |
| | 19 | 35 | 1 | -15 | SL | 2 | d.br | | | 5-75 |
| | | | 2 | -20 | LS | 3 | d.br | | | |
| | | | 3 | -35 | LAS | 3 | br | | | |
| | | | 4 | >-35 | Car | | d.yell.br | | | |
| | 5 | 55 | 1 | -15 | LS | 0 | d.gr.br | | | 5 |
| | | | 2 | -25 | LA | 0 | yell.br | | | |
| | | | 3 | -40 | AL | 2 | s.br | red | | |
| | | | | | | | | grey | | |
| | | | 4 | -55 | AL | 3 | yell.r | | | |
| | 69 | 75 | 1 | -16 | SL | 0 | dusky.r | | 6.5 | 5+Cu |
| | | | 2 | -27 | LSA | 0 | d.yell.br | | 5.5 | |
| | | | 3 | -60 | LA | 0 | l.yell.br | yell.r | 5.5 | |
| | | | 4 | 75 | AL | 3 | v.p.br | redd.y | 5.5 | |
| Uc1 | 30 | 20 | 1 | -10 | SL | 1 | br | | 5 | |
| | | | 2 | -20 | LS | 0 | l.yell.br | | | |
| | 30* | 20 | 1 | -10 | AL | 0 | d.br | | 6.5 | ? |
| | | | 2 | -20 | A | 0 | l.yell.br | | 6 | |
| | | | 3 | >-20 | Car | | | | | |
| | 42 | 25 | 1 | -5 | SL | 1 | br | | 8 | 60 |
| | | | 2 | -25 | LAS | 3 | yell.br | d.yell.br | 7.5 | |
| | | | 3 | >-25 | Cu | | | | | |
| | 53 | 25 | 1 | -5 | SL | 2 | br | | 6.5 | 15 |
| | | | 2 | -20 | A | 2 | br | red | 5.5 | |
| | | | 3 | -25 | A | 3 | yell.r | | | |
| | | | | | | | br | | 5.5 | |
| | | | 4 | >-25 | Car | | | | | |

| lseenh. (1) | opn (2) | diepte (3) | hor. (4) | diepte (5) | text (6) | grind. (7) | kleur (8) | mottl. (9) | pH (10) | gr.opp (11) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Uc1 | 13 | 35 | 1 | -5 | L | 0 | d.gr.br | | | ? |
| | | | 2 | -20 | A | 0 | gr.br | | | |
| | | | 3 | -35 | AL | 2 | br | | | |
| | | | 4 | >-35 | Car | | | | | |
| | 28 | 40 | 1 | -15 | SL | 0 | br | | 6.5 | - |
| | | | 2 | -25 | LS | 1 | yell.br | | 6.5 | |
| | | | 3 | -40 | LAS | 2 | l.yell.br | redd.y | | |
| | | | | | | | | red | | |
| | 66 | >50 | 1 | -10 | LS | 0 | br | | 6 | - |
| | | | 2 | -20 | LAS | 0 | yell.br | | 5.5 | |
| | | | 3 | -50 | A | 0 | s.br | | 5.5 | |
| | 32 | 65 | 1 | -15 | SL | 0 | d.br | | 7 | - |
| | | | 2 | -65 | AS | 0 | yell.br | | | |
| | | | 3 | >-65 | Car | | | | | |
| | 70 | 65 | 1 | -6 | SL | 0 | d.yell.br | | 6 | 5 |
| | | | 2 | -20 | SL | 1 | d.yell.br | | 6 | |
| | | | 3 | -45 | LSg | 1 | s.br | | 6 | |
| | | | 4 | -65 | LSg | 3 | yell.br | redd.y | 6 | |
| | 41 | 70 | 1 | -35 | SL | 0 | yell.br | | 7 | 2 |
| | | | 2 | -70 | A | 1 | s.br | red | 6 | |
| | | | | | | | | br | | |
| | | | 3 | >-70 | Car | | | | | |
| | 37 | 120 | 1 | -20 | SL | 0 | d.gr.br | | 8 | 2 |
| | | | 2 | -40 | SL | 0 | p.br | red | 7 | |
| | | | 3 | -70 | AL | 0 | v.p.br | yell. | 5.5 | |
| | | | 4 | -110 | AL | 0 | v.p.br | yell | | |
| | | | | | | | | red | | |
| | | | | | | | | black | | |
| | | | 5 | -120 | AL | 2 | redd,y | yell | | |
| | | | | | | | | v.p.br | | |
| | | | 6 | >-120 | Car | | | | | |
| Gt | 21 | 15 | 1 | -15 | L | 3 | v.d.gr.br | | 6.5 | 40-85+Cu |
| Gd | 44 | >30 | 1 | -15 | SL | 0 | d.br | | 6.5 | - |
| | | | 2 | -20 | LAS | 0 | br | | 6 | |
| | | | 3 | -30 | LAS | 2 | br | | | |
| | | | 4 | >-30 | | 3 | | | | |
| Ge | 46 | ? | | | | | | | | 60 |
| | 61 | >7 | 1 | -7 | S | 0 | yell.br | | 7.5 | 25 |
| | 20 | >20 | 1 | -10 | L | 0 | br | | 7 | - |
| | 17 | >15 | 1 | -5 | AL | 0 | yell.br | | | 10-80 |
| | | | 2 | -15 | AL | 0 | s.br | | | |
| | 68 | 120* | 1 | -13 | Sf | 0 | d.yell.br | | 5 | ? |
| | | | 2 | -35 | LS | 0 | s.br | | 4.5 | |
| | | | 3 | -85 | LA | 1 | s.br | yell.r | 4.5 | |
| | | | 4 | -120 | A | ? | s.br | yell.r | 4.5 | |
| Gc2 | 36 | >40 | 1 | -15 | LS | 0 | d.yell.br | | 5.5 | - |
| | | | 2 | -40 | AL | 0 | s.br | | 5 | |
| | 36* | 120 | 1 | -15 | LS | 0 | d.br | | | - |
| | | | 2 | -50 | AL | 0 | s.br | | | |
| | | | 3 | -75 | A | 0 | s.br | | | |
| | | | 4 | -120 | A | 1 | s.br | red | | |
| | | | | | | | | l.red | | |
| | | | | | | | | black | | |
| | 60 | >40 | 1 | -20 | LAS | 0 | d.gr.br | | 7.5 | - |
| | | | 2 | -40 | A | 0 | s.br | | 6 | |
| | 56 | >85 | 1 | -15 | SL | 0 | gr.br | | 6 | - |
| | | | 2 | -45 | SL | 0 | yell.br | gr.br | 5.5 | |
| | | | 3 | -85 | A | 0 | s.br | redd.y | 5.5 | |
| | | | | | | | | br/red | | |
| | 22 | 95 | 1 | -10 | AL | 0 | d.yell.br | | 6.5 | 15 |
| | | | 2 | -30 | LA | 0 | d.br | | 6.5 | |
| | | | 3 | -50 | A | 0 | s.br | | | |
| | | | 4 | -85 | A | 1 | s.br | | 6.5 | |
| | | | 5 | -95 | Car | | | | | |

| lseenh (1) | opn (2) | diepte (3) | hor (4) | diepte (5) | text (6) | grind (7) | kleur (8) | mottl. (9) | pH (10) | gr.opp (11) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gc2 | 24 | 110 | 1 | -20 | SL | 0 | br | | | 25 |
| | | | 2 | -40 | LAS | 0 | redd.y | | | |
| | | | 3 | -80 | A | 0 | red/br | | | |
| | | | 4 | -110 | A | 0 | red/br.y | | | |
| Gc1 | 7 | 70 | 1 | -20 | L | 0 | d.gr.br | | | - |
| | | | 2 | -50 | LA | 0 | p.br | | | |
| | | | 3 | -70 | L | 0 | p.br | s.br | | |
| | 40 | >40 | 1 | -3 | Sf | 0 | yell.br | | 7 | 10 |
| | | | 2 | -25 | LAS | 0 | d.br | | 6 | |
| | | | 3 | -40 | AL | 0 | s.br | | 5.5 | |
| | 75 | 110 | 1 | -6 | SL | 0 | yell.br | | 7.5 | 15 |
| | | | 2 | -17 | LS | 0 | d.yell.br | | 6 | |
| | | | 3 | -33 | AL | 0 | s.br | | 6 | |
| | | | 4 | -110 | LA | 0 | s.br | yell ge.br | 6 | |
| | 8 | 110 | 1 | -10 | SL | 0 | d.br | | | - |
| | | | 2 | -40 | LA | 0 | p.br | | | |
| | | | 3 | -60 | AL | 1 | l.yell.br | red | | |
| | | | 4 | -110 | AL | 0 | red | l.gr | | |
| | 49 | 100 | 1 | -10 | S | 0 | br | | 5.5 | - |
| | | | 2 | -40 | AS | 0 | l.br | | 5.5 | |
| | | | 3 | -70 | A | 0 | l.yell.br | red redd.y | | |
| | | | 4 | -100 | A | 0 | red | l.yell.br redd.y | 7 | |
| | 60 | >40 | 1 | -20 | LAS | 0 | d.gr.br | | 7.5 | - |
| | | | 2 | -40 | A | 0 | s.br | | 6 | |
| | 26 | 120 | 1 | -10 | AS | 0 | d.yell.br | | 6.5 | - |
| | | | 2 | -30 | A | 0 | yell.br | | 6.5 | |
| | | | 3 | -70 | A | 0 | yell.r | | | |
| | | | 4 | -90 | A | 0 | yell.r | red/bl | 6.5 | |
| | | | 5 | -110 | A | 0 | yell.r | red/bl/ yell | | |
| | | | 6 | -120 | A | 1 | s.br | | | |
| | 35 | 120 | 1 | -30 | A | 0 | s.br | | 5.5 | - |
| | | | 2 | -60 | LAS | 0 | br | | 5.5 | |
| | | | 3 | -120 | A | 0 | l.yell.br | yell | 6.5 | |
| B3 | 2 | 120 | 1 | -5 | SL | 0 | p.br | | | - |
| | | | 2 | -20 | SL | 0 | d.gr.br | | | |
| | | | 3 | -60 | SL | 0 | d.gr.br | | | |
| | | | 4 | -90 | SL | 0 | yell.br | | | |
| | | | 5 | -120 | LA | 0 | d.yell.br | red/s.br | | |
| | 25 | 110 | 1 | -15 | LS | 0 | d.gr.br | | 6 | - |
| | | | 2 | -25 | LAS | 0 | yell.br | | | |
| | | | 3 | -110 | A | 0 | redd.y | l.gr/s.br | 6 | |
| B3 | 50 | 60 | 1 | -10 | A | 0 | v.d.gr | | 5.5 | - |
| | | | 2 | -25 | A | 0 | gr.br | br.y | 6 | |
| | | | 3 | -60 | A | 0 | p.br | br.y | 7 | |
| B2 | 67 | 82 | 1 | -10 | LS | 0 | d.gr.br | | 7 | - |
| | | | 2 | -45 | Lf | 0 | br | redd.y white | 8 | |
| | | | 3 | -82 | Lf | 0 | p.br | redd.y | 8 | |
| | 76 | 117 | 1 | -4 | AL | 0 | d.gr.br | | 6.5 | - |
| | | | 2 | -32 | AL | 0 | d.br | redd.y | 6 | |
| | | | 3 | -106 | LA | 0 | l.gr | redd.y | 6 | |
| | | | 4 | -117 | A | 1 | l.gr | redd.y | 6 | |
| | 58 | 70 | 1 | -30 | AL | 0 | d.gr.br | | 6.5 | - |
| | | | 2 | -50 | A | 0 | d.br | s.br/ l.br.gr | 6 | |
| | | | 3 | -70 | A | 0 | gr | s.br/ vd.gr.br | | |
| | 18 | 120 | 1 | -5 | LAS | 0 | d.yell.br | | | - |
| | | | 2 | -20 | LAS | 0 | br | | | |
| | | | 3 | -60 | L | 0 | br | | | |
| | | | 4 | -120 | AL | 0 | redd.y/ p.br | red/bl/ l.gr | | |

| lseenh (1) | opn (2) | diepte (3) | hor (4) | diepte (5) | text (6) | grind (7) | kleur (8) | mottl (9) | pH (10) | gr.opp (11) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1 | 9 | 60 | 1 | -15 | L | 0 | d.gr.br | | | - |
| | | | 2 | -30 | LA | 0 | gr.br | s.br/gr | | |
| | | | 3 | -60 | AL | 0 | l.gr/ redd.y | red | | |
| | 47 | 110 | 1 | -20 | L | 0 | yell.br | | 5 | - |
| | | | 2 | -80 | LA | 0 | s.br | | 5.5 | |
| | | | 3 | -100 | LA | 0 | s.br | br | 7.5 | |
| | | | 4 | -110 | | 0 | br.y | | | |
| | 62 | 90 | 1 | -15 | AL | 0 | gr.br | yell.br | 6 | - |
| | | | 2 | -40 | LA | 0 | l.yell.br | yell.r | 5.5 | |
| | | | 3 | -70 | LAS | 0 | l.gr | yell.r | 7 | |
| | | | 4 | -90 | LA | 0 | p.br/ redd.y | | 8 | |

betekenis van de afkortingen.
(1)ls.eenh=landschapseenheden;
(2)opn.= opname nummer;
(3)diepte = diepte tot waarop geboord is;
(4)hor.= horizont;
(5):ondergrens van betreffende horizont,in cm's;
(6)text= textuur:S=sable (sand), SL= sable limoneux (loamy sand), LS=limon sableux (sandy loam), Lf=limon fin (silt loam), LA=limon argileux (clay loam), LAS= limon argilo sableux (sandy clay loam), AS=argile sableuse (sandy clay), AL=argile limoneuse (silty clay) A=argile (clay);
(7) grind=grinderigheid van de bovenste 30 cm. van de bodem:
0=0-2%, 1=2-15%, 2=15-50%, 3=50-90%, 4=>90%;
(8)kleur:br=brown(ish),r=red(dish),y=yellow(ish),gr=grey(ish), l=light,d=dark,s=strong, p=pale,v=very;
(9)mottles, zie 8;
(10)=pH
(11)=% van het bodemoppervlak dat door grind bedekt wordt,
cu= voorkomen van cuirasse brokken aan het opp.

**Bijlage 4**

Profielbeschrijvingen van de onderzochte bodems langs de toposequentie (Bilgo 1 t/m 10).
Alle profielen zijn beschreven volgens de FAO handleiding (FAO 1974, 1979)

PROFILE SITE 1

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 1
   b. Soil name :
   c. Higher category classification:
      FAO : dystric Fluvisol
   d. Date of examination: 5-11-1987
   e. Authors: A.Wierda, A v Wijk, W.Bijkerk.
   f. Location: 200 m west of the road Sabtenga-Bilgo, ..km from Bilgo, 30 km NW of Ouagadougou, Burkina Faso.
   g. Elevation: appr. 301m
   h. Landform:
      - valley bottom
      - gently undulating
      - some depressions filled with water
   i. Slope class 1
   j. Land-use: wooded savanne
   k. Climate: Northern Soudanzone. Mean annual rainfall:830mm. Humid period from june-september; cool dry period from october-januari; warm dry period from februari-may. Hottest month is april with a mean max.temperature of 37'C. See also chapter 3.

2. General information on the soil:
   a. Parent material: colluvium
   b. Drainage: class 3
   c. Moisture conditions in profile:dry throughout
   d. Depth of groundwatertable: ± 2m
   e. Presence of surface stones: none
   f. Evidence of erosion: slight sheet erosion
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence:

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| A | 0-10cm | light brownish gray (10YR 6/2) when dry, dark greyish brown (10YR 4/2) when wet sandy loam; weak medium subangular blocky structure; slightly hard when dry, very friable when moist; non sticky and non plastic when wet; many very fine tubular, common fine tubular and few medium tubular pores; common very fine to fine roots; pH=7.0; abrupt smooth boundary to: |
| B | 10-45 cm | very pale brown (10YR 7/3) when dry, brown (10YR 5/3) when wet, common fine to medium distinct clear reddish yellow (7.5YR 7/8) mottles and few fine faint diffuse white mottles; silty loam; massive structure; very hard when dry, friable when moist, non sticky and slightly plastic when wet; weakly cemented when dry; common very fine tubular pores; continuous massive clay pan; few thin pieces of pottery; few termite holes of 2-5cm and termite activity visible; very few veryfine roots; pH=8 ; diffuse smooth boundary to |
| C | 45-82+ cm | light grey (10YR 7/2) when dry, pale brown (10YR 6/3) when wet; many medium to coarse distinct diffuse reddish yellow (7.5YR 7/8) mottles and common coarse faint diffuse white mottles; silty loam; massive structure; very hard when dry, firm when moist, non sticky and slightly plastic when wet; weakly cemented when wet; common very fine tubular pores; continuous massive clay pan; presence of calcareous mottles; very few termite holes of 2-5cm and termite activity visible;pH=8.0. |

PROFILE SITE 2

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 2
   b. Soil name
   c. Higher category classification:
      FAO :haplic Acrisol
   d. Date of examination: 5-11-87
   e. Authors: A.Wierda, A.v.Wijk, W.Bijkerk
   f. Location:between Sabtenga and Bilgo, 25km N-W of Ouagadougou, aerial photo no.4656
   g. Elevation: appr. 303 m.
   h. Landform:
      - lower glacis close to valley bottom
      - gently undulating
      - ± 50% bare eroded and crusted surface; frequent eroded termite mounds (diam.1-3m,height 0.5-2m)
   i. Slope :class 2
   j. Land-use: wooded savanne, millet field close by
   k. Climate: see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material: colluvium
   b. Drainage: class 5
   c. Moisture conditions in profile: dry throughout
   d. Depth of groundwatertable: ?
   e. Presence of surface stones:few ironstone and quartz gravels on the surface
   f. Evidence of erosion:probably strong sheet erosion and moderate rill erosion
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence:

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| crust | | 1-5mm thickness; friable; layered; with algae |
| A | 0-8/18cm | pale brown (10YR 6/3) when dry,brown (10YR 4/3) when wet;fine sand; massive to weak medium to coarse subangular blocky; soft when dry, very friable when moist,non sticky and non plastic when wet; common fine tubular pores, very few vertical continuous fine cracks (1-2 mm), many very fine open interstitial pores; very few fine roots; pH=5.0; abrupt wavy boundary to: |

| | | |
|---|---|---|
| B1 | 8/18-35cm | brownish yellow(10YR 6/6) when dry, strong brown (7.5YR 5/6) when wet; sandy loam; massive to weak medium to coarse subangular blocky; slightly hard when dry, friable when moist, slightly sticky and non plastic when wet; few medium mostly horizontal tubular pores, common very fine to fine mostly horizontal tubular pores, many very fine open interstitial pores, very few continuous vertical fine cracks, many medium tubular pores filled with coarse sand; few termite holes (2-5cm), termite activity; very few fine roots; pH=4.5; gradual wavy boundary to: |
| B2 | 35-75/94cm | reddish yellow(7.5YR 6/6) when dry,strong brown(7.5 YR 5/6) when wet; common fine distinct clear orange red (5YR 5/6) mottles; slightly gravelly clay loam; moderate coarse angular blocky structure; hard when dry, very friable when moist, sticky and slightly plastic when wet, weakly cemented when dry; few medium tubular pores, common very fine to fine tubular pores, many very fine open interstitial pores, very few continuous very fine vertical cracks; few small soft knobbly black iron-manganese concretions; many medium tubular pores filled with coarse sand; few termite holes (2-5cm), termite activity; very few medium roots; pH=4.5; gradual wavy boundary to: |
| B3 | 75/94-120+ | very pale brown (10YR 7/4) when dry, strong brown (7.5YR 5/8) when wet; many medium distinct clear yellowish red (dry:5YR 5/6, wet:5YR 5/8) mottles; clay; weak coarse angular blocky; hard when dry, very friable when moist, very sticky and plastic when wet; weakly cemented when dry; many medium tubular pores and many very fine open interstitial pores, many medium tubular pores filled with coarse sand; few termite holes of 2-5cm and termite activity; pH=4.5. |

PROFILE SITE 3

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 3
   b. Soil name
   c. Higher category classification:
      FAO :ferric Acrisol + petric phase
   d. Date of examination:5-11-1987
   e. Authors: A.Wierda, Av.Wijk, W.Bijkerk.
   f. Location:between Sabtenga and Bilgo,25 km N-W of Ouagadougou, aerial photo no.4656
   g. Elevation: appr. 307m
   h. Landform:
      - middle glacis
      - almost flat
      - some termite mounds (1-3m width, 0.5-2.5m height)
   i. Slope : class 1 (1-2%)
   j. Land-use: wooded savanne, surrounded by millet, peanut and bare fields
   k. Climate: see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material: probably colluvium
   b. Drainage: class 4
   c. Moisture conditions in profile: dry throughout
   d. Depth of groundwatertable: ?
   e. Presence of surface stones: 5% quartz and ironstone gravels, some cuirasse stones
   f. Evidence of erosion:probably light sheet erosion
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence:

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| crust | | 3mm thick;very friable;layered;with algae |
| A1 | 0-16cm | greyish brown(10YR 5/2)when dry, very dark greyish brown(2.5YR 3/2) when wet; loamy sand; massive to weak coarse subangular blocky; slightly hard when dry, very friable when moist, slightly sticky and non plastic when wet; many very fine tubular pores, few fine to medium tubular pores; few very fine to medium roots; pH=6.5; clear smooth boundary to: |
| A2 | 16-27cm | light yellowish brown(10YR 6/4) when dry,dark yellowish brown(10YR 4/6) when wet; sandy clay loam; massive structure; weakly cemented when dry; many very fine open interstitial pores, many very fine and few fine to medium tubular pores; few termite holes of 2-7cm and termite activity; very few fine to medium roots;pH=5.5; abrupt smooth boundary to: |
| B1 | 27-52/64cm | very pale brown (10YR 7/3) when dry, light yellowish brown(10YR 6/4) when wet; slightly gravelly clay loam; common down below many fine to coarse prominent clear yellowish red mottles;massive structure; hard when dry,very friable when moist, slightly sticky and slightly plastic when wet; weakly cemented when dry; many very fine open interstitial pores, common very fine and few fine to medium tubular pores, very few termite holes 2-5cm (up to 5/m2); frequent small rounded weathered quartz gravels, few small soft knobbly dark brown/red and black iron/manganese nodules; termite activity visible; very few very fine to fine roots; pH=5.5; abrupt wavy boundary to: |
| B3 | 52/64-75+ | pink (5YR 7/3) when dry, very pale brown (10YR 7/4) when wet; many fine to medium distinct clear yellowish red (5YR 6/8 when dry) mottles; very gravelly silty clay; strong medium angular blocky; weakly cemented; hard when dry, very friable when moist, slightly sticky and slightly plastic when wet; few small rounded weathered quartz gravels, dominant small knobbly hard red/brown/black iron-manganese nodules; ironpan; continuous and massive; pH=5.5 |

PROFILE SITE 4

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 4
   b. Soil name:
   c. Higher category classification:
      FAO : ferric Acrisol(+ petroferric phase)
      French class.:Sol ferrugineux tropicaux, lessivé et indureé, moyennement profond.
   d. Date of examination:6-11-87
   e. Authors: A.Wierda, A.v Wijk, W.Bijkerk
   f. Location:toposequence Bilgo. aerial photo nr.4646
   g. Elevation: appr. 317m
   h. Landform:
      - middle glacis
      - surrounding country: almost flat
      - few,mostly eroded, termite mounds
   i. Slope : almost flat
   j. Land-use: site surrounded by millet and peanut fields, the site itself has been cultivated also (jachere), some millet present
   k. Climate: see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material:colluvium?
   b. Drainage: class 4
   c. Moisture conditions in profile:dry throughout.
   d. Depth of groundwatertable: ?
   e. Presence of surface stones:very few cuirasse stones
   f. Evidence of erosion:
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence: probably disturbed by cultivation

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| crust | | thickness 1-3mm; few algae present. |
| Ap | 0-6cm | pale brown (10YR 6/3) when dry, dark yellowish brown (10YR 4/4) when wet; loamy sand; (very) weak medium to coarse subangular blocky structure; soft when dry, very friable when moist, non sticky and non plastic when wet; many very fine to medium tubular pores and very many very fine open interstitial pores; common very fine to fine roots; pH=6.0; abrupt smooth boundary to: |

| | | |
|---|---|---|
| A | 6-20cm | pale brown (10YR 6/3) when dry, dark yellowish brown (10YR 4/4) when wet; few fine distinct clear reddish yellow mottles; loamy sand,(very) slightly gravelly; very weak fine to medium subangular blocky structure; slightly hard when dry, very friable when moist, non sticky and non plastic when wet; many very fine to medium tubular and many very fine open interstitial pores;very few (very) small rounded quartz gravels;some termite holes(1-4cm);common very fine to fine roots;pH=6.0;clear smooth boundary to: |
| Bcs | 20-45cm | light brown (7.5YR 6/4) when dry,strong brown(7.5YR 5/6) when wet;few fine to medium distinct clear reddish yellow mottles;coarse sandy loam,slightly gravelly; massive structure;slightly hard to hard when dry, very friable when moist,slightly sticky and slightly plastic when wet; many very fine to medium tubular pores and many very fine open interstitial pores;very few small rounded quartz gravels and very few very small spherical brown-black iron-manganese nodules ;some termite holes(1-4cm );few very fine and few medium to coarse roots;pH=6.0; abrupt smooth boundary to: |
| Bcsm | 45-65+cm | colour of matrix: very pale brown(10YR 7/4) when dry,yellowish brown(10YR 5/6) when wet with reddish yellow (7.5YR 6/8) mottles when dry, strong brown(7.5YR 5/8) when wet; coarse sandy loam,very gravelly; massive structure; extremely hard when dry, extremely firm when moist, slightly sticky and slightly plastic when wet; strongly cemented; common,very fine to medium tubular and many very fine to fine open interstitial pores; very few small rounded quartz gravels and very frequent small hard knobbly brown-black iron-manganese concretions (with a diffuse nodule- matrix transition); continuous nodular to vesicular petroferric horizon; some termite holes(1-4cm in diameter); very few very fine to fine roots;pH=6.0. |

PROFILE SITE 5

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 5
   b. Soil name:
   c. Higher category classification:
      FAO : ferralic Cambisol (+ petric phase)
      French class.:Sol peu evolue
   d. Date of examination: 4-11-1987
   e. Authors: A.Wierda, A v Wijk, W.Bijkerk
   f. Location: West of the road between Sabtenga and Bilgo, +- 7km N of Sabtenga, 25km NW of Ouagadougou, Burkina Faso; aerial photo nr 4646
   g. Elevation:appr. 320m
   h. Landform:
      - upper part of glacis
      - surroundings: gently undulating, top of interfluve marked by 'but temoins cuirasse'
      - some strongly eroded termite mounds (height 0.2-1.5m diameter 2-20m); some small termite mounds height 0.1-0.4m, diameter 2-4m)
   i. Slope class 1
   j. Land-use: wooded savanne
   k. Climate:see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material: colluvium on weathered granite
   b. Drainage: class 4
   c. Moisture conditions in profile:dry throughout
   d. Depth of groundwatertable: ?
   e. Presence of surface stones: some ironstone boulders, some ironstone stones, up to 5% of surface covered by ironstone gravels
   f. Evidence of erosion:probably light sheet erosion
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence: old habitation sites nearby

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| crust | | 3-5mm thickness; layered and with pores; soft; algae present. |
| A | 0-12 cm | greyish brown (10YR 5/2) when dry, dark brown (10YR 3/3) when wet; slightly gravelly loamy sand; massive to weak coarse subangular blocky; slightly hard when dry, friable when moist, non sticky and non plastic when wet; many very fine to fine random tubular pores; very few very small angular weathered quarts fragments, very few very small hard spherical black and red ironstone nodules; frequent very fine to fine roots and some medium roots; pH=6.5; gradual smooth boundary to: |

| | | |
|---|---|---|
| AB | 12-27 cm | light yellowish brown(10YR 6/4) when dry, dark yellowish brown (10YR 4/4) when wet; slightly gravelly loamy coarse sand; massive to weak coarse subangular blocky structure; hard when dry, friable when moist, non sticky and non plastic when wet; many very fine to fine random tubular pores; very few very small rounded weathered quarts fragments; very few very small hard spherical black and red ironstone nodules; common very fine and very few medium roots; pH=6; abrupt smooth boundary to: |
| IBcs | 27-40 cm | brown (10YR 5/3) when dry, brown to dark brown (10YR 4/3) when wet; very gravelly coarse sandy loam; common medium distinct sharp mottles,reddish yellow (5YR 7/8) when dry,reddish yellow (5YR 6/8) when wet; structureless; loose when dry, very friable when moist, slightly sticky and slightly plastic when wet; few fine random orientated tubular pores and common very fine interstitial pores; frequent small subangular weathered quartz fragments and very frequent small hard knobbly black and red ironstone nodules; few very fine roots; clear wavy boundary to: |
| IIBcs | 40-74cm | pinkish grey (7.5YR 6/2) when dry, brownish yellow (10YR 6/6) when wet; common medium distinct clear mottles, reddish yellow(7.5YR 7/8) when dry, yellowish red (5YR 5/8) when wet; very gravelly; massive structure; weakly cemented; few fine tubular and common fine interstitial pores; very few very small rounded weathered quartz fragments and very frequent, small and large. hard black and red iron and manganese nodules; very few, very fine roots( further below no roots); clear wavy boundary to: |
| IIBCcs | 74-105cm | multicoloured, yellowish red (5YR 5/8), reddish yellow (7.5YR 6/8) and very pale brown (10YR 7/4) when dry, strong brown (7.5YR 5/8), yellowish red (5YR 5/8) and yellowish red (5YR 5/6) when wet; gravelly sandy clay; massive structure; very hard when dry, very firm when moist, sticky and plastic when wet; common very fine to medium tubular and few very fine interstitial pores; very few very small angular fresh quartz fragments, frequent small and very few large, hard, knobbly, black brown and red iron-manganese nodules; gradual boundary between nodules and matrix; features of biological origin: 8 cavitys per m2 with a diameter of 4-10cm; no roots. |

PROFILE SITE 6

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 6
   b. Soil name :Sol peu evolue sur materiaux kaolinitique
   c. Higher categoty classification:
      FAO:ferralic Cambisol + petric phase
      French class.:Sol peu evolue sur materiaux kaolinitique
   d. Date of examination: 6-11-1087
   e. Authors: A.Wierda, A.van Wijk, W.Bijkerk
   f. Location:transect Bilgo, aerial photo nr. 4646
   g. Elevation: appr. 327m
   h. Landform:
      - upper glacis
      - gently undulating
      - almost flat
   i. Slope class 2
   j. Land-use: shrubland savanna, extensive grazing
   k. Climate: see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material: colluvial
   b. Drainage: class 4
   c. Moisture conditions in profile:dry throughout
   d. Depth of groundwatertable:?
   e. Presence of surface stones:many ironstone and quartz gravels (locally 40-60%) and some quartz stones(up to 10cm)
   f. Evidence of erosion:slight sheet erosion
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence: extensive grazing and firewood cutting

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| crust: | | 3-5mm thickness,layered,algae present, slightly hard |
| A | 0-18cm | pale brown(10YR 6/3) when dry,dark brown(10YR 3/3)when wet; slightly gravelly loamy coarse sand;massive to weak subangular blocky structure; hard when dry,friable when moist,non-sticky and non-plastic when wet; common very fine to fine tubular pores and very many very fine open interstitial pores; very few very small to small hard spherical brown iron-manganese nodules; few termite holes(0.5-4cm); few very fine and coarse roots;pH=6.0; gradual smooth boundary to: |
| IB | 18-29cm | reddish yellow(7.5YR 7/6) when dry,strong brown(7.5YR 5/6) when moist;few fine prominent clear yellowish red mottles(5YR 5/8) when dry and (2.5YR 4/8) when moist; |

gravelly sandy clay loam; massive to weak coarse subangular blocky structure; slightly hard when dry,very friable when moist, sticky and plastic when wet; common very fine to fine tubular pores and very many very fine open interstitial pores; very few very small rounded weathered quartz fragments and few small hard spherical brown iron-manganese nodules; few termite holes (0.5-4cm); very few very fine roots; pH=5.0; abrupt wavy boundary to:

IBcs1 29-34cm

pink(5YR 7/4) when dry,strong brown(7.5YR 7/4) when moist; very gravelly sandy clay loam; weak medium subangular blocky structure; soft when dry,very friable when moist ,sticky and plastic when wet; common very fine tubular pores and many very fine open interstitial pores; frequent small rounded weathered quartz fragments and very frequent small knobbly brown iron-manganese nodules; few termite holes(0.5-4cm); very few very fine roots; pH=5.5; abrupt wavy boundary to:

IBcs2 34-43cm

colour of the matrix:reddish yellow(7.5YR 7/6) when dry or moist, colours around the nodules:reddish yellow(7.5YR 6/8) when dry, strong brown(7.5YR 5/8)when moist and reddish yellow(5YR 6/6) when dry,red(2.5YR 5/8) when moist; very gravelly sandy clay loam;moderate fine angular blocky structure; slightly hard when dry, very friable when moist,slightly sticky and slightly plastic when wet; few fine tubular pores and many very fine open interstitial pores; very few very small rounded weathered quartz fragments and very frequent small soft and hard knobbly brown iron-manganese nodules; few termite holes (0.5-4cm); pH=5.5; gradual wavy boundary to:

IIBcs 43-95 cm

yellow 10YR 8/6) when dry,yellow(10YR 7/6) when moist;very many prominent diffuse mottles:yellowish red(5YR 5/6) when dry, red(2.5YR 4/8) when moist and strong brown (7.5YR 5/8) when dry or moist; slightly gravelly clay loam; moderate very fine to fine angular blocky structure; slightly hard when dry, very friable when moist,sticky and plastic when wet; few fine tubular pores and many very fine open interstitial pores; very few very small rounded weathered quartz fragments and very few small knobbly brown iron manganese nodules; few termite holes(.5-4cm,one is up to 15cm); pH=7.5.

PROFILE SITE 7

1. Information on the site:
   a. Profile number :Bilgo 7
   b. Soil name
   c. Higher category classification:
      FAO : Ferralic cambisol with petric phase
      French class.:Sol peu evolué
   d. Date of examination: 6-11-1987
   e. Authors: A.Wierda, W.Bijkerk, A v.Wijk
   f. Location:transect Bilgo, aerial photo nr.4646
   g. Elevation: appr. 325 m
   h. Landform:
      - middle glacis
      - almost flat
      - many small termite mounds(1-3dm diam.,1-3dm height) and some large ones (1-1.5m diam.,0.5-1.5m height)
   i. Slope class 1
   j. Landuse: wooded savanne,probably very extensive grazing
   k. Climate:see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material:
   b. Drainage: class 4
   c. Moisture conditions in profile: dry throughout
   d. Depth of groundwatertable: ?
   e. Presence of surface stones:±10% of surface covered by iron-manganese nodules and there are some cuirasse stones
   f. Evidence of erosion:
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence:

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| crust | | 3-5mm thickness; broken,layered and slightly porous; slightly hard; no algae. |
| A | 0-12cm | light grey (10YR 7/1) when dry,yellowish brown (10YR 5/4) when wet; very gravelly sandy loam; structureless single grain; soft when dry, very friable when moist, non sticky and slightly plastic when wet; common fine tubular and common fine open interstitial pores; very few small weathered quartz fragments and very frequent large and small hard knobbly dark brown/red iron-manganese nodules; common very fine to fine roots; pH=7.0; gradual smooth boundary to: |
| | 12-65/78cm | very pale brown(10YR7/4) when dry, yellowish brown (10YR 5/6) when wet; very gravelly sandy clay loam; soft when dry,very friable when moist,slightly plastic and slightly sticky when wet; common fine tubular and common fine open interstitial pores, some holes of 1-3cm diam.;very few,very small weathered quartz fragments and dominant large and small hard knobbly dark brown-red iron-manganese nodules and some cuirasse blocks of 3-10cm diam; some termite holes of 1cm diam.; very few very fine to fine and very few medium roots; pH=6.0; gradual wavy boundary to: |
| | 65/78-101+cm | brownish yellow (10YR 6/6) when dry, yellowish brown (10YR 5/8) when wet; very many medium to coarse prominent clear red(5YR 6/8 when dry,2.5YR 4/8 when wet) and common medium to coarse prominent clear yellow (10YR 7/8 when dry, 10YR 6/8 when wet) mottles; gravelly clay loam; weak medium to coarse angular blocky structure; soft when dry, very friable when moist,plastic and sticky when wet; common fine tubular and few very fine to fine closed interstitial pores; very fewsmall weathered quartz fragments and frequent large and small hard knobbly brown-red iron-manganese nodules; some termite holes of 1-3cm diam.;very few,very fine roots; pH=7.5 |

PROFILE SITE 8

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 8
   b. Soil name
   c. Higher category classification:
      FAO : ferric Acrisol
      French class.: Sol ferrugineux hydromorph
   d. Date of examination: 9-11-1987
   e. Authors: A.Wierda, A.v Wijk, W.Bijkerk
   f. Location:50m West of the road Sabtenga-Bilgo, 1km North of Sabtenga, aerial photo nr 4646
   g. Elevation: appr. 318 m
   h. Landform:
      - slightly undulating
      - few, large termite mounds(height 1m, diam.10m)
      - almost flat
   i. Slope class 1
   j. Land-use: fallow, used for extensive grazing
   k. Climate: see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material: colluvium
   b. Drainage: class 4
   c. Moisture conditions in profile: dry throughout
   d. Depth of groundwatertable:
   e. Presence of surface stones:none (at a distance of 30m there is cuirasse at the surface
   f. Evidence of erosion:(probably) very low sheet erosion
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence: probably strong human influence.The site is situated on the fringe of a cultivated zone and a (stony) non-cultivated part. The mean height of the shrubs is low, so it concerns probably a medium aged fallow.

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| crust | | discontinuous crust of 2-3mm thickness with many fine horizontal tubular pores; algae present. |
| A | 0-22cm | light grey to grey (10YR 6/1) when dry, brown to dark brown (10YR 4/3) when wet;loamy sand; moderate coarse subangular blocky structure; soft when dry, very friable when moist, non-sticky and non-plastic when wet; common very fine to fine tubular and many very fine to medium open interstitial pores; very few very small rounded quartz fragments and very few very small spherical hard red-brown iron-manganese nodules; common very fine to medium roots; pH=6.5; gradual smooth boundary to: |

| | | |
|---|---|---|
| B | 22-42cm | very pale brown(10YR 7/3) when dry, yellowish brown (10YR 5/4) when wet; slightly gravelly loamy sand; moderate medium to coarse subangular blocky structure; soft when dry, very friable when moist, non-sticky and non-plastic when wet; common very fine to fine tubular and many very fine to medium open interstitial pores; very few very fine continuous vertical cracks; very few very small rounded quartz fragments and very few very small spherical hard red-brown iron-manganese nodules; few very fine to coarse roots;pH=6.5;clear smooth boundary to: |
| Bt | 42-55cm | light yellowish brown(10YR 6/3)when dry, strong brown (7.5YR 5/6) when wet; slightly gravelly silty clay loam; moderate medium to coarse subangular blocky structure; slightly hard when dry, very friable when moist, sticky and slightly plastic when wet; few, fine to medium distinct clear red mottles (10R 4/6 when dry,10R 3/6 when wet); common to many very fine to fine tubular and many very fine to medium open interstitial pores; few small termite holes of 1-3cm in diam. mostly filled with loose material; very few very fine continuous vertical cracks; few very small rounded quartz fragments and few small spherical hard and soft red-brown iron-manganese nodules; one block weathered dark brown-yellow cuirasse with a diam.of7cm lying on the 4th horizont; very few very fine to medium roots;termite activity visible; pH=6; clear smooth boundary to: |
| C? | 55-98+cm | light brown (7.5YR 6/4) when dry,brown(7.5YR 5/4) when wet; common fine to medium distinct clear red mottles(10R 4/8); gravelly clay loam;weak fine to coarse angular blocky structure; soft when dry, very friable when moist, sticky and plastic when wet; many very fine to medium tubular pores and many very fine open interstitial pores; common small to very large(1-12cm diam.) termiteholes mostly filled with loose material; very few very fine discontinuous cracks in the upper part; frequent very small hard and small soft spherical brown-red iron-manganese nodules; termite activity visible; very few very fine to fine roots; pH=5.5; probably clay cutans present. |

PROFILE SITE 9

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 9
   c. Higher category classification:
      FAO : haplic Acrisol
      French class.: Sol ferrugineux lessive modal
   d. Date of examination:9-11-1987
   e. Authors: A.Wierda, A.v Wijk, W.Bijkerk
   f. Location: transect Sabtenga-Bilgo, aerial photo nr 4646
   g. Elevation: appr. 316 m.
   h. Landform:
      - lower glacis
      - gently undulating (site surrounded by some rounded circular hills of 2-3m height snd 30-60m in diam.) with some cuirasse blocks at the surface
      -
   i. Slope class 1 (almost flat)
   j. Land-use: site surrounded by cultivated fields with millet and peanuts;(see detailed vegetation description)
   k. Climate:see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material: colluvium
   b. Drainage: class 3
   c. Moisture conditions in profile:dry throughout
   d. Depth of groundwatertable:
   e. Presence of surface stones: up to 15% ironstone gravel
   f. Evidence of erosion: moderate sheet erosion (overland-flow tracks 1-3 dm width in millet fields)
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence:close to old habitation site?

3. Brief description of the profile:

| | |
|---|---|
| crust | 0.5-1 cm thick, more or less continuous, layered, slightly hard; algae present. |
| 0-6 cm | very pale brown (10YR 7/3) when dry, yellowish brown (10YR 5/4) when wet; loamy sand; weak medium to coarse subangular blocky structure; soft when dry, very friable when moist, non-sticky and non-plastic when wet; many very fine to fine tubular pores and common fine interstitial pores; few very fine to fine roots; pH=7.5; abrupt smooth boundary to: |
| 6-17cm | very pale brown(10YR 7/4) when dry, dark yellowish brown(10YR 4/4) when wet; loamy sand; moderately weak medium to coarse subangular blocky structure; slightly hard when dry, very friable when moist, non-sticky and slightly plastic when wet; many very fine to fine and few medium tubular pores;few very fine to fine roots; pH=6; gradual smooth boundary to: |
| 17-33cm | reddish yellow(7.5YR 6/6) when dry,strong brown(7.5YR 5/8) when wet; silty clay; weak fine to medium angular to subangular blocky structure; hard when dry, friable when moist, sticky and slightly plastic when wet; many very fine to fine and few medium tubular pores and few very fine interstitial pores; few very fine continuous cracks(starting in 2nd horizont and ending in the 4th);some small termite holes(1-3 cm diam.); pieces of carbon; very few very fine to fine roots; ph=6; diffuse smooth boundary to: |
| 33-110+ cm | reddish yellow(7.5YR 7/6) when dry, strong brown (7.5YR 5/8) when wet; few down below common fine faint clear yellow(10YR 7/8 when dry) and few medium faint clear greyish brown (10YR 5/2 when dry) mottles; clay loam;weak medium to coarse angular blocky structure; hard when dry, friable when moist, sticky and slightly plastic when wet; common very fine tubular pores and few very fine interstitial pores; frequent small and some large termite holes (1-6 cm diam.); very few very fine to fine roots; pH=6. |

PROFILE SITE 10

1. Information on the site:
   a. Profile number: Bilgo 10
   c. Higher category classification:
      FAO : dystric Fluvisol
   d. Date of examination:9-11-1987
   e. Authors: A.Wierda, W.Bijkerk, A.van Wijk
   f. Location:West of route Sabtenga-Bilgo, aerial photo 4646
   g. Elevation: appr. 312 m
   h. Landform:
      - bas-fond
      - (almost) flat
      -
   i. Slope class 1
   j. Land-use: young fallowland used for extensive grazing. About 30% of the surrounding area in the same unit is under cultivation
   k. Climate: see profile 1

2. General information on the soil:
   a. Parent material: colluvium or alluvium
   b. Drainage: class 3
   c. Moisture conditions in profile: dry in general, although there is one mysterious spot from which water is seeping out.
   d. Depth of groundwatertable:? (in a well nearby the groundwatertable is 5m below the surface)
   e. Presence of surface stones: none
   f. Evidence of erosion: none
   g. Presence of salt or alkali: none
   h. Human influence: site is close to habitation site and sometimes cultivated

3. Brief description of the profile:

| | | |
|---|---|---|
| A1 | 0-4cm | light brownish grey (10YR 6/2) when dry, dark greyish brown(10YR 4/2) when wet; silty clay; moderate medium subangular blocky structure; slightly hard when dry, very friable when moist, slightly sticky and slightly plastic when wet; common very fine to fine tubular pores; frequent very fine to fine roots; pH=6.5; smooth abrupt boundary to: |
| A2 | 4-32cm | light brownish grey (10YR 6/2)when dry, very dark greyish brown (10YR 4/3) when wet; few fine distinct clear reddish yellow(5YR 6/8 when dry) mottles; silty clay; weak coarse subangular blocky structure; hard when dry, very friable when moist, slightly sticky and slightly plastic when wet; many very fine to fine tubular pores; one big soft rounded reddish yellow iron-manganese nodule; common medium termite holes; few very fine to fine roots; pH=6.0; smooth diffuse boundary to: |
| Bg | 32-106cm | light grey (10YR 7/1) when dry,grey(10YR 6/1) when wet; many medium distinct diffuse reddish yellow (7.5YR 6/8, dry) mottles;clay loam; moderate medium to coarse subangular blocky structure; hard when dry, very friable when moist, sticky and plastic when wet; many very fine tubular pores and few fine closed interstitial pores; some carbon present;very few very fine to fine roots; pH=6.0; smooth diffuse boundary to: |
| Bgcs | 106-117+ cm | lighy grey (10YR 7/1) when dry, grey (10YR 6/1) when wet; common medium distinct reddish yellow (7.5YR 6/8.dry) mottles; slightly gravelly clay; moderate coarse angular blocky structure; hard when dry, very friable when moist, very sticky and plastic when wet; common very fine to fine tubular pores; few small and large soft knobbly brown-red iron-manganese nodules; few very fine roots; pH=6.0 |

**Verklarende termenlijst.** **bijlage 5**

**lateriet.** Over de term lateriet bestaat nogal wat verwarring en er worden verschillende definities voor gegeven. In dit verslag wordt onder lateriet verstaan:
Sterk verweerd bodemmateriaal dat (1) rijk is aan sekondaire vormen van ijzer, aluminium of beide, (2) arm is aan humus, (3) verarmd aan basen en silica verbindingen, (4) met of zonder niet-diagnostische substanties als kwarts, primaire mineralen of 'silicate klei?', (5) hard of verhardend na blootstelling aan afwisselend natte en droge omstandigheden. Er zijn geen restrikties m.b.t. processen waardoor het gevormd is, specifieke plaats, tijd of kondities van vorming (Mc Farlane 197.naar Sivarajasinghan et al.).

**plintiet.** : ijzerrijk, humus-arm mengsel van klei met kwarts en andere diluenten. Komt voornamelijk voor als rode mottles. Plintiet verandert irreversibel in een 'ironstone hardpan' of onregelmatige konkreties, na blootstelling aan herhaald bevochtigen en drogen, met name als het ook wordt blootgesteld aan de hitte van de zon. De ondergrens van een zone waarin plintiet voorkomt is meestal diffuus of gradueel maar kan ook abrupt zijn. Over het algemeen wordt plintiet gevormd in horizonten, die gedurende bepaalde tijd verzadigd zijn met water. De afscheiding van ijzer vind plaats in de vorm van zachte, meer of minder kleiige rode of donkerrode mottles. Deze mottles worden niet als plintiet beschouwd, tenzij er voldoende ijzer is afgescheiden om irreversibele verharding mogelijk te maken. In een vochtige bodem is plintiet vaak zacht (kan met een spade gestoken). Na irreversibele verharding wordt het niet meer als plintiet beschouwd maar 'ironstone' genoemd (definitie USDA).
**cuirasse.**: laterietkorst aan of nabij het oppervlak die sterk verhard is en een soort pantserplaat vormt waardoor het mechanische bescherming biedt aan het onderliggend bodem-materiaal (definitie Maignien).Vergelijkbaar met een petroferric horizont volgens FAO-definities.

**carapace.** : evenals cuirasse een laterietlaag aan of nabij het oppervlak maar zachter (definitie Maignien).
Vergelijkbaar met een petric horizont volgens FAO-definities.

**konkreties.** begrensde ,verharde elementen met ijzer of mangaan die in situ gevormd zijn door centripetale verrijking.

**mottles.** door een vergelijkbaar proces gevormd als konkreties, maar zacht en niet duidelijk begrensd.

**gravillons.** puin van cuirasse of carapace met de grootte van grind en van allochtone afkomst waardoor ze vaak afgerond zijn.

**sesquioxides.** $Fe_2O_3$ en $Al_2O_3$.

**Fluvisol:** zwak ontwikkelde bodem van alluviale afzettingen.

**Cambisol:** bodem die is gevormd door een zwakke verwering van het moedermateriaal.Veranderingen in kleur, struktuur en konsistentie hebben plaatsgevonden als gevolg van deze verwering.

**Acrisol:** bodem met een argillic-B en lage basenverzadiging.

# ITC RELEVÉ DATA SHEET

ITC Department of Vegetation and Agricultural Land Use Survey

PHOTO Nº (run, type etc.)

Area, Country, etc.

DATE / ..... / .... day month year

Nº

PRELIMINARY LEGEND SYMBOL:

SIZE SAMPLE m².

ALTITUDE IN m:

PRELIMINARY LANDUNIT NAME:

OBSERVER(S):

FINAL CLASSIFICATION (not for fielduse)

LAND — SYMBOL

VEGETATION — SYMBOL

form

composition

SOIL — SYMBOL

LANDFORM + (HYDROLOGY) — SYMBOL

ROCK (LITHOLOGY) — SYMBOL

GEOLOGICAL FORMATION — SYMBOL

PRELIMINARY SOIL CLASSIFICATION

## TERRAIN DATA

SAMPLE or/and ELEMENT

MAPPING UNIT and/or TERRAIN UNIT

ROCK LITHOLOGY:

GEOLOGICAL FORMATION:

LANDFORM:

SLOPE TYPE straight, concave, convex, irregular

SLOPE %

LENGTH:

EXPOSURE: (aspect in °) N, NE, E, SE, S, SW, W, NW

MICRO - MESO RELIEF

RELIEF TYPE
- Very flat
- Almost flat ( < 2% )
- Undulating (3 - 7% )
- Rolling (8 -13% )
- Hilly (14-20% )
- Steeply dissected (21-55% )
- Mountainous

RELIEF INTENSITY

REMARKS: (general erosion features, genesis, hydrological aspects)

## SOIL AND WATER DATA

SOIL DRAINAGE: very poorly, poorly, imperfectly, moder. well, well, somewhat excessively, excessively

RUNOFF: ponded, very slow, slow, medium, rapid, very rapid,

FLOODING: none, frequent tidal (daily, weekly, monthly), frequent regular (monthly/year), frequent irregular, irregular / rare

ACCELLERATED EROSION: none, sheet, rill, gully, eolic; very low, low, moderate, strong, severe

| Horizon symb Nº | DEPTH cm | TEXTURE | COLOUR | PH | HCl | MOTTLING | CONSISTENCE | STRUCTURE (sealing etc) | REMARKS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | indicate ground water with —— + depth in cm |

## VEGETATION DATA

(for species list see overleaf)

GENERAL PHYSIOGNOMY (dominants, formation, succession stage)

LANDUSE

PRELIMINARY VEGETATION CLASSIFICATION

form

composition

OTHER OBSERVATIONS ON VEGETATION AND ANIMALS

| STRATA | TREE | H. SHRUB | L. SHRUB | H. HERB | L. HERB | MOSS | | Total real cover |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COVER % | | | | | | | | % |
| HEIGHT dm | | | | | | | | |

Fresh WEIGHT DATA gr./m²

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | a (1—n) | c. sub sample | dry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | b. sub. sample | d. = . gr/m² | |

Final map symbol

(repeat number here)
Nº

LIST OF SPECIES

SAMPLE SIZE:

TOTAL Nº OF TAXA:

Geschiktheidsclassificatie van de verschillende landschapseenheden (LE) voor verschillend landgebruik (LUT). S1: geschikt, S2: matig geschikt, S3: marginaal geschikt, NS: niet geschikt.

| LUT | 1 SORGHUM PINDA'S | 2 MILLET PINDA'S | 3 SORGHUM MAIS | 4 KATOEN | 5 KOEIEN SCHAPEN GEITEN | 6 KOEIEN | 7 SCHAPEN GEITEN | 8 BOMEN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LE | | | | | | | | |
| C | NS | NS | NS | NS | S3-NS | S3-NS | S2 | NS |
| Pd1 | S3 | S3 | NS | NS | S1 | S1 | S1 | S3 |
| Pd2 | S2 | S2 | S2 | S2-S3 | S1 | S1 | S2 | S1 |
| Pm1 | S2 | S2 | S2 | S2-S3 | S1 | S1 | S1 | S2 |
| Pm2 | S2 | S2 | S2 | S2-S3 | S1 | S1 | S1 | S2 |
| Pl1 | NS | NS | NS | NS | S1 | S1 | S1 | NS |
| Pl2 | S1-S2 | S1-S2 | S1-S2 | S2-S3 | NS | NS | S2 | S2 |
| Pl3 | S1-S2 | S1-S2 | S1-S2 | S2 | S1 | S1 | S1 | S1-S2 |
| Sd1 | S2 | S2 | S2 | S2-S3 | S1 | S1 | S1 | S2 |
| Sd2 | S3 | S1-S3 | S3 | S2-S3 | S1 | S1 | S1 | S3 |
| Sd3 | S2 | S2 | S2 | S2-S3 | S2 | S2 | S1-S2 | S2 |
| Sl2 | S2 | S2 | S2-S3 | S2-S3 | NS | NS | S2 | S2 |
| Sm | S3 | S3 | S3-NS | S3-NS | S1 | S1 | S1 | S3 |
| Sw | S3 | S3 | S3-NS | S3-NS | S2 | S2 | S1 | S3 |
| F1 | S2-NS | S3-NS | S2-NS | S3-NS | S1 | S1 | S2 | S1 |
| F2 | S2-NS | S3-NS | S2-NS | S3-NS | S3-NS | S3-NS | S2 | S1 |
| F3 | S2-NS | S3-NS | S2-NS | S3-NS | S2 | S2 | S2 | S1 |

(uit: Vossebelt, 1988)