

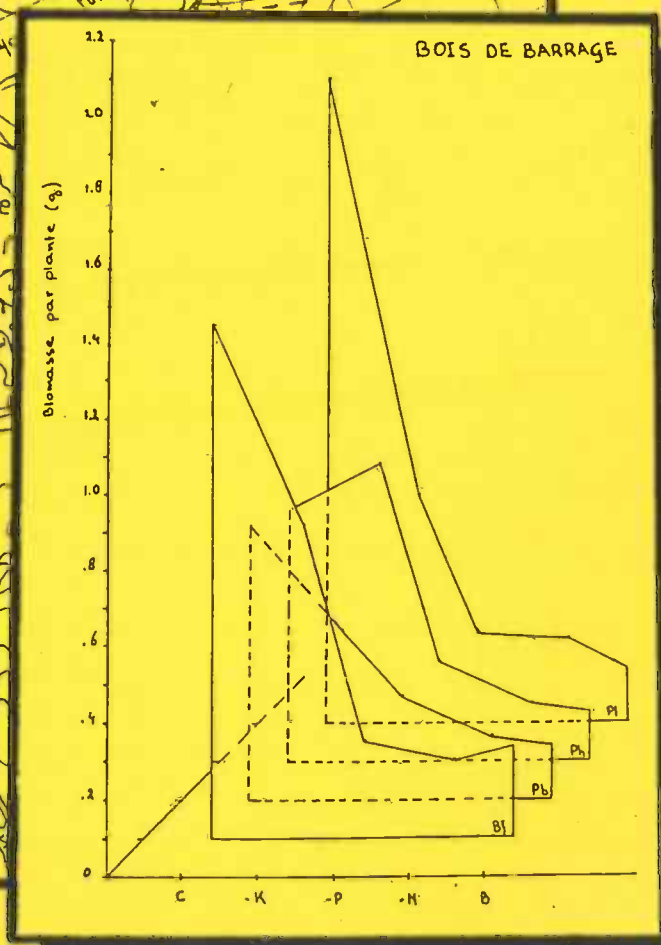
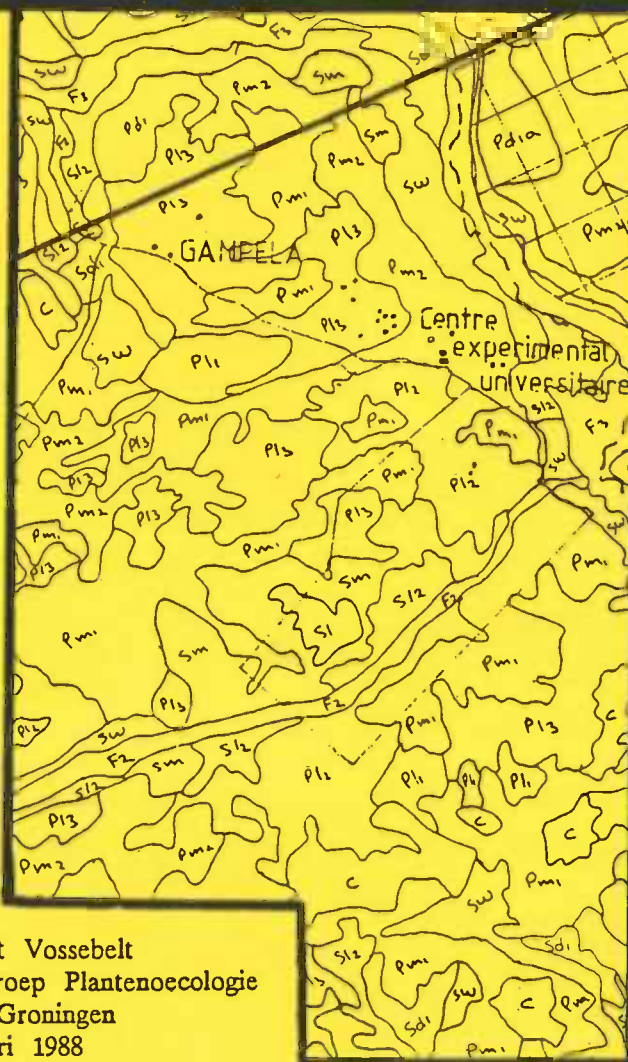
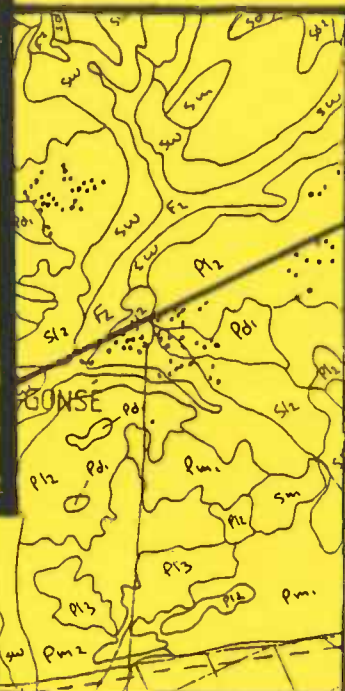
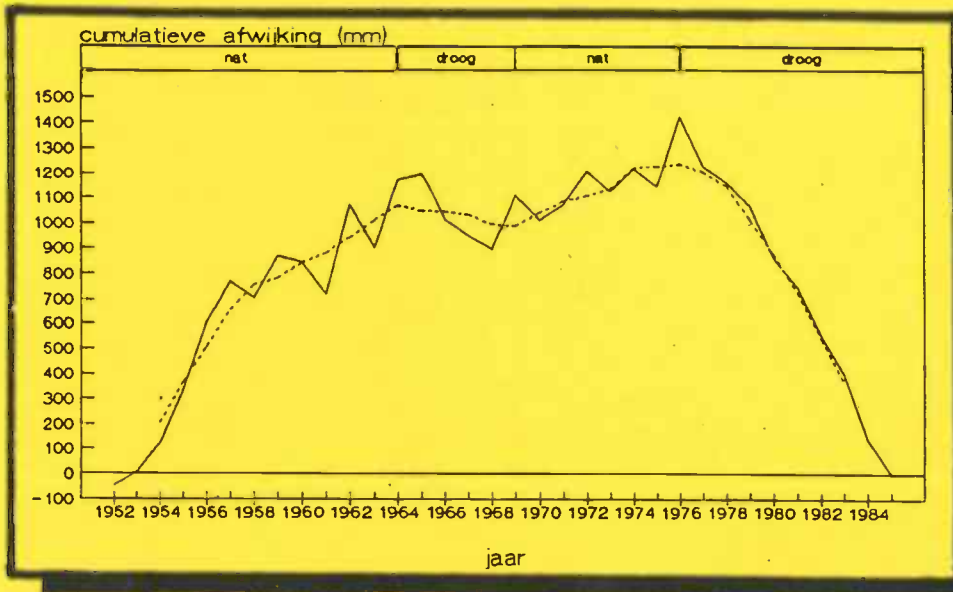
EEN LANDSCHAPSOECOLOGISCHE VEGETATIEKARTERING

EN

LANDEVALUATIE

TUSSEN OUAGADOUGOU EN DE NAKAMBE

-BURKINA FASO (WEST AFRIKA)-



Gerrit Vossebelt
Vakgroep Plantenecologie
RU Groningen
januari 1988

i VOORWOORD

In het kader van de universitaire samenwerking tussen de Université de Ouagadougou (UO) en de Rijks Universiteit Groningen (RUG) was het mogelijk om van 16 juni 1986 tot en met 6 april 1987 veldonderzoek te verrichten in de buurt van Ouagadougou (Burkina Faso, West Afrika).

Zonder de hulp en adviezen van velen was dit onderzoek en het schrijven van dit verslag niet mogelijk geweest. Zo wil ik drs J. de Leeuw, dr H.H.T. Prins en prof dr J. van Andel bedanken voor hun begeleiding tijdens alle fasen van dit onderzoek. Een grondige voorbereiding was daarnaast mede mogelijk met behulp van de adviezen van dr H. van Gils en dr W. van Wijngaarden (ITC, Enschede). Ook de vegetatie tabel kon dankzij de adviezen van dr W. van Wijngaarden sterk verbeterd worden.

Gedurende het veldwerk werd ik begeleid door Jan de Leeuw (UO/RUG, Ouagadougou) en Issiaka Zoungrana (UO, Ouagadougou). Gustav Kabré, Guillaume Sessouma en Alain Savadogo (UO, Ouagadougou) hielpen me bij het oplossen van allerlei administratieve en technische problemen. Mme Milogo determineerde het overgrote deel van de plantensoorten. Roel Bosma (UO/RUG, Ouagadougou) introduceerde me in allerlei veeteelt problemen. Met hem mocht ik enkele leerzame bezoeken brengen aan verschillende projecten. Frank Berding (Bunasol, Ouagadougou) hielp me bij bodemkundige problemen en stelde me in staat om op het Bunasol afdrukken te laten maken van mijn voorlopige kaart. Daarnaast heb ik veel mogen leren van zijn uitleg tijdens een 'excursie' langs een aantal profielkuilen in het veldwerkgebied. Op het Institut Supérieure Polytechnique (ISP; UO, Ouagadougou) mocht ik gebruik maken van allerlei faciliteiten zoals een werkruimte, de kas, chemicaliën en apparatuur. De technische assistentie van Pierre Sanon, Dao en de chemische analisten, variërend van het onderhoud van de motor tot het maken van een proefopstelling, was ook een belangrijke bijdrage aan het slagen van dit onderzoek.

IWACO (Ouagadougou) liet me gebruik maken van hun bibliotheek. De Service Meteorologique (Ouagadougou) gaf me de beschikking over de regenval gegevens verzameld in en rond het veldwerkgebied. Door de fijne samenwerking met mijn medestudenten kon ik snel wegwijs worden in een voor mij nieuwe omgeving en plantenwereld. Niet alleen die samenwerking maar ook de vriendschap van Justin Goungounga, Raymond Yonli, Pierre Sanon en Pascal Anneyan zal ik niet snel vergeten. De gastvrijheid van de lokale bevolking, hun hulp bij het op naam brengen van de plantensoorten, bij het vinden van de juiste plekken in het gebied en hun uitleg bij lokale gebruiken zal me eveneens lang bijblijven.

De UO verleende mij een gastvrij onderdak in het Maison de Passage waar de 'guardiens' Robert en Seidou, de 'cuisinier' Ettienne en de andere bewoners mijn verblijf veraangenaamden. Daarnaast mocht ik ook op het veldwerkstation Gampela van de UO verblijven. Luc Lankoande en de aanwezige studenten maakten het verblijf daar er niet alleen gezelliger op maar ze hielpen me ook bij het op naam brengen van planten en bij het verkrijgen van inzicht in het veldwerkgebied.

Daarnaast hielpen Jaap Bregman, Victor Ferrari, Sjaak Sibbing (UO/RUG, Ouagadougou) en Eduard Mellaart (AGRISK, Ouagadougou) me, ieder op hun eigen gebied, om mijn verblijf en het onderzoek tot een goed einde te brengen. De vakgroep Fysische Geografie (RUG) stelde faciliteiten ter beschikking zodat de luchtfoto's geherinterpreteerd konden worden.

De begeleiding die ik mocht ontvangen van Jan de Leeuw, zijn enthousiasme en ideeën hebben me sterk gemotiveerd. Ook de bereidheid van Herbert Prins om altijd tijd vrij te maken wanneer ik met een vraag of probleem langs kwam en me daarnaast door zijn benadering een kritische onderzoekshouding aan te leren heeft diepe indruk gemaakt.

Het onderzoek werd mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning van de Bachiene Stichting, Genootschap Noorthey, het Hendrik de Visserfonds (RUG), de vakgroep Plantenoecologie (RUG) en het College van Bestuur van de RUG.

ii INHOUDSOPGAVE

I. INLEIDING	1
I. 1. Het onderzoeksgebied	1
I. 2. Indeling van het verslag	1
II. MATERIAAL EN METHODE	4
III. LANDSCHAPSOECOLOGISCHE VEGETATIEKARTERING	7
III. 1. Klimaat	7
III. 2. Geologie en Geomorfologie	11
III. 3. Hydrologie	11
III. 4. Bodem	17
III. 4. 1. Bodems van West Afrika	17
III. 4. 2. Bodemprofiel	17
III. 4. 3. Bodemvariatie	23
III. 4. 4. Termieten	24
III. 4. 5. Bodemerosie	24
III. 5. Vegetatie	25
III. 5. 1. Vegetatiecompositie	25
III. 5. 2. Vegetatiestructuur	27
III. 6 Het Landschap	29
III. 6. 1. Opbouw van de legenda	29
III. 6. 2. Landschapseenheden	30
III. 6. 2. 1. Collines	30
III. 6. 2. 2. Plateau	30
III. 6. 2. 3. Helling	31
III. 6. 2. 4. Riviervlakte	32
IV. EXPERIMENTEN	35
IV. 1. Bioassay	35
IV.2 Waterbeschikbaarheid in de bodem	40
V. LANDEVALUATIE	43
V. 1. Methode	43
V. 2. Landgebruik	43
V. 2. 1. Akkerbouw	43
V. 2. 1. 1. Activiteiten	47
V. 2. 1. 2. Gewassen	47
V. 2. 2. Veeteelt	47
V. 2. 3. Bosbouw	52
V. 3. Geschiktheidsclassificatie	53
VI. AFSLUITING	55
LITERATUUR	56
BIJLAGEN	59
1. Landschapsoecologische Vegetatiekaart	
2. Vegetatietabel	
3. Soortenlijst	
4. ITC Relevé Sheet	
5. Protocol Bioassay	

I. INLEIDING

Het Mossi plateau gelegen in Burkina Faso behoort tot een van de dichtst bevolkte gebieden van West Afrika (van Dijk, 1982). Vooral rond de hoofdstad Ouagadougou is de bevolkingsconcentratie zeer groot. Een doorzettende bevolkingstoename zou grote consequenties kunnen hebben voor het voor de verschillende landgebruikstypen benodigde land. Door de uitbreidende mens en vee populaties wordt de druk op het beschikbare land steeds groter waardoor de braakperiodes van de akkers korter worden. Daarbij komt dat bij de uitbreiding van landbouwgrond meer en meer de voor de landbouw minder geschikte gronden in gebruik genomen worden (Stoop, 1987). Hierdoor blijft er steeds minder ruimte over voor de veehouders. Daarnaast worden processen als erosie, bodemuitputting en verschraling van de vegetatie in werking gezet (Klaver, 1982). Verwacht mag worden dat de concurrentie om grond tussen de verschillende (land)gebruikers tot spanningen kan leiden. Daarnaast kan het steeds intensiever gebruiken van de grond tot een milieudegradatie leiden met mogelijk onomkeerbare gevolgen. Voordat tot ingrijpen besloten wordt is het van belang om de huidige situatie vast te leggen. Een situatie beschrijving vergroot het inzicht in het gebied en kan verder als basis dienen voor op te zetten ontwikkelingsprojecten en onderzoek. In het hier besproken onderzoek is geprobeerd een inzicht te verkrijgen in de opbouw van het landschap en het huidige landgebruik in een dichtbevolkt gebied ten oosten van Ouagadougou.

Om de huidige landschapseenheden vast te leggen is een uitgebreide vegetatie studie uitgevoerd. Hierbij wordt onder landschap verstaan een deel van de ruimte op het aardoppervlak, bestaande uit een complex van systemen gevormd door de activiteit van gesteente, water, lucht, planten, dieren en de mens en dat bij zijn fysiognomie een herkenbare eenheid vormt (Zonneveld, 1979). De vegetatie kan worden beschouwd als een indicator van landschapskarakteristieken die niet direct zichtbaar zijn in het veld of op de luchtfoto's. Vegetatie karakteristieken worden op hun beurt beïnvloed door alle andere landeigenschappen. Bij een landschapseenheden kaart op een semi-gedetailleerde schaal (1 : 50.000) spelen terrein en vegetatie vormen een belangrijke rol bij het afbakenen van de kaart-eenheden (van Gils en Zonneveld, 1982).

De hieruit voortkomende landschaps oecologische vegetatie kaart kan vervolgens gebruikt worden als basis voor het nader bestuderen van het actuele landgebruik. Daarbij zal met behulp van een landevaluatie aangegeven worden welke landschapseenheden geschikt zijn voor de verschillende landgebruikstypen.

I. 1. Het onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied is gelegen tussen Ouagadougou en de Nakambe (de voormalige Volta Blanche), tussen 12°30' - 12°15' N en 1°30' - 1°00' W, rond de weg Ouagadougou - Niamey. Het is gelegen in de Soedan vegetatiezone. De jaarlijkse gemiddelde regenval in Ouagadougou bedraagt ±830 mm. De regen valt voornamelijk in de maanden juni tot en met september. Het oppervlak van het onderzoeksgebied bedraagt ongeveer 150.000 ha (± 50 * 30 km). In het westen van het gebied, tegen Ouagadougou aan ligt een sinds ±1954 beschermd bos, het Forêt Classée de Barrage. Op zo'n 20 km van Ouagadougou, tegen het Forêt Classée de Gonse aan, ligt Gampela, het veldstation van de Université de Ouagadougou (UO). Zowel in het Bois de Barrage als op Gampela wordt door de UO onderzoek verricht.

De dichtheid van landbouwgrond, wat de druk van de bevolking op het land aangeeft, neemt van Ouagadougou naar de Nakambe af. Verwacht mag dan worden dat dit zijn invloed op de vegetatie samenstelling zal hebben. Deze veronderstelde verandering in de vegetatiesamenstelling is een reden geweest voor het laten uitstrekken van het onderzoeksgebied tot aan de Nakambe.

I. 2. Indeling van het verslag

Geprobeerd is om door het bestuderen van landschaps bepalende factoren inzicht te verkrijgen in de opbouw van het landschap,

om vervolgens vanuit deze natuurlijke hulpbronnen een inzicht te verkrijgen in de wijze waarop de lokale bewoners het land gebruiken. De op verschillende manieren verzamelde informatie met betrekking tot de abiotische en biotische aspecten van het landschap zijn geïntegreerd in een landschapseenheden kaart (Bijlage 1 en Tabellen 4 en 5).

Regenval is een belangrijke parameter voor de groei van de vegetatie en gewassen in de semi aride

gebieden. In hoofdstuk III.1 over het klimaat wordt aandacht besteed aan de van jaar tot jaar variatie in de regenval evenals aan de seizoensvariatie.

De geologische samenstelling van de ondergrond is een belangrijke factor bij het verklaren van het relief. In hoofdstuk III.2 (Geologie en Geomorfologie) wordt een beschrijving gegeven van de voorkomende geologische formaties. Daarnaast wordt de voor de ordening in de legenda belangrijke geomorfologische onderverdeling gedefinieerd.

Het voorkomen van rivieren is een andere belangrijke landschaps bepalende factor (hoofdstuk III.3). Tevens wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan het beschikbaar zijn van water in de droge tijd. Onder invloed van het klimaat, de vegetatie en het menselijk ingrijpen vindt in het bovenste gedeelte van de geologische formatie bodemvorming plaats (Gelens, ITC uitgave). Hoofdstuk III.4 over de bodems behandelt het bodemprofiel, bodemerosie en het voorkomen van termietenheuvels.

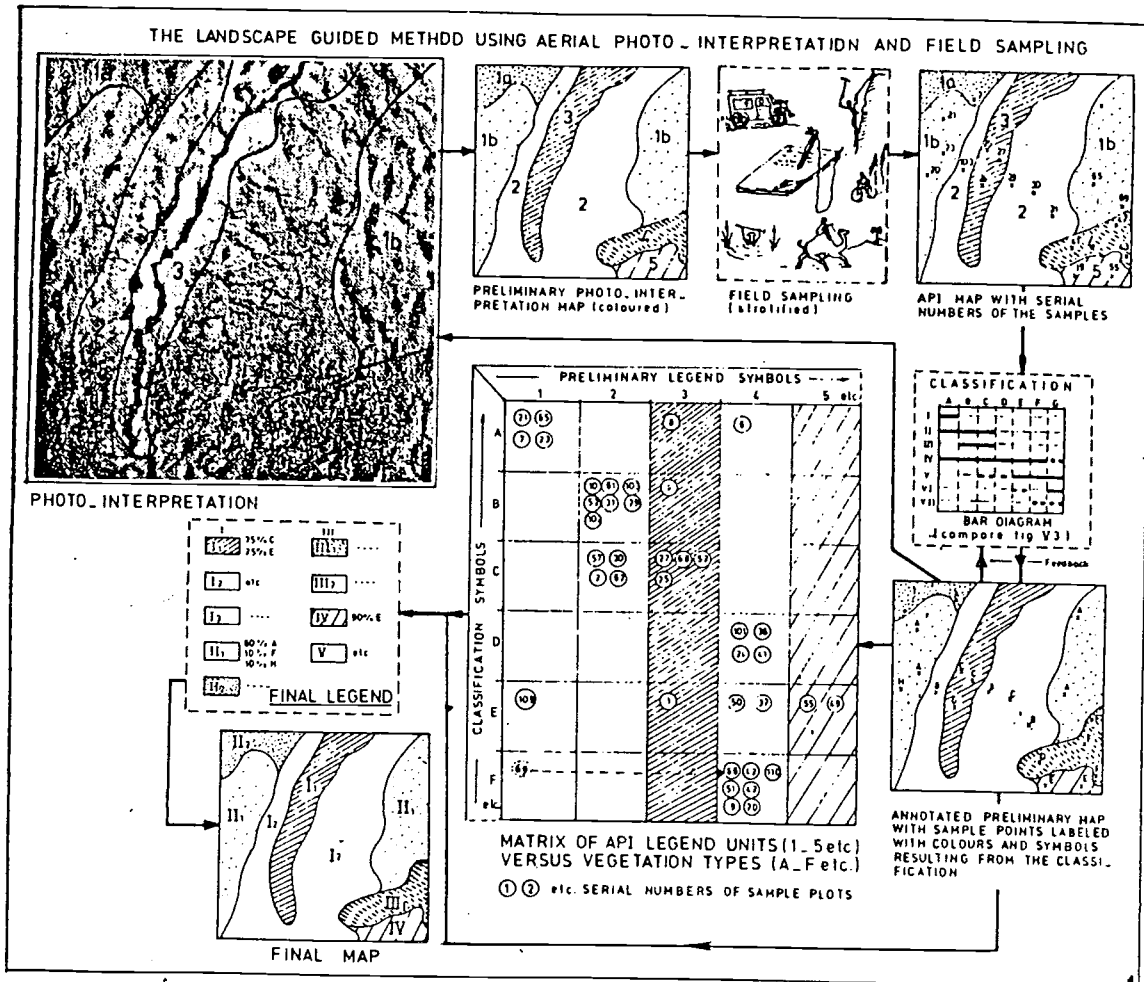
Nadat de voor de plantengroei van belang zijnde aspecten van het landschap besproken zijn wordt aandacht besteed aan de vegetatie (hoofdstuk III.5). Allereerst wordt de vegetatie compositie in de vorm van een vegetatie tabel gepresenteerd. Vervolgens wordt de vegetatie structuur besproken. Hierbij komen een tweetal classificaties aan de orde.

In hoofdstuk III.6 worden alle landschapsaspecten zoals besproken in de voorafgaande hoofdstukken geïntegreerd tot landschapseenheden (Bijlage 1, Tabellen 4 en 5). Bij het formuleren van de landschapseenheden hebben vooral de geomorfologie, het voorkomen van termieten heuvels en de vegetatie compositie een belangrijke rol gespeeld. Deze landschapsaspecten ordenen tevens de andere landschapsaspecten. Er wordt bij de aan dit hoofdstuk voorafgaande presentatie van verschillende aspecten dan ook reeds gebruik gemaakt van de indeling in landschapseenheden.

Gebaseerd op literatuur gegevens en op inzichten verkregen tijdens het veldwerk is vervolgens aandacht besteed aan de bodemvruchtbaarheid (hoofdstuk IV). Een experiment wordt besproken waarmee onderzocht is aan welke nutriënten (N, P en K) de bodems deficiënt zouden kunnen zijn. Tevens is door de bepaling van het gewichtpercentage water in enkele bodems geprobeerd een indruk te verkrijgen van de beschikbaarheid van water in de bodem gedurende het groeiseizoen.

De gepresenteerde landschapseenheden kaart kan gebruikt worden als basis voor een landevaluatie. In hoofdstuk IV.1 over Landgebruik worden enkele belangrijke landgebruikstypen (LUT's) gepresenteerd. Vervolgens wordt van elke landschapseenheid nagegaan wat hun geschiktheid is voor de betreffende LUT.

Figuur 1: Schematische weergave van het construeren van een legenda volgens de 'landscape-guided method using aerial photo-interpretation' (naar: van Gils en Zonneveld, 1982)



II. MATERIAAL EN METHODE

Bij het hier uitgevoerde onderzoek is gebruik gemaakt van de door van Gils en Zonneveld (1982) beschreven methode. Deze methode is schematisch weergegeven in Figuur 1. Ze kan omschreven worden als de 'landscape-guided method in vegetation surveys'. Het bestaat uit een combinatie van fotoïnterpretatie en een efficiënte gestratificeerde terrein bemonstering.

Op de foto's (Fotoindex in Tabel 1) zijn allereerst de belangrijkste (hoofd) terreinvormen onderscheiden. Vervolgens zijn voorlopige fotokarakteristieken geselecteerd, zoals 'mottling', grijstinten en textuur. Hiermee zijn de voorlopige kaart eenheden (gebaseerd op de luchtfotoïnterpretatie) gedefinieerd.

Tabel 1: Fotoindex van de bij de fotoïnterpretatie gebruikte foto's.

datum: 31 oktober 1979 (10:35 - 11:20 uur)
 schaal: ongeveer 1 : 50.000

vlieglijn	nummer	aantal
7	65-76	12
8	48-60	13
9	89-99	11

Tijdens enkele oriënterende terreinbezoeken werd een inzicht verkregen in de opbouw van het landschap en werd een start gemaakt met het leren kennen van de plantensoorten.

Vervolgens is een gestratificeerde terrein bemonstering uitgevoerd. Tijdens de veldwerkplanning zijn gebieden uitgekozen die goed bereikbaar waren en waarbinnen tevens, op korte afstand van elkaar, een zo groot mogelijk aantal voorlopige kaarteenheden lagen. Binnen zo'n voorlopige kaarteenheden is de opname plaats gekozen op een min of meer gemiddelde positie m.b.t. de vegetatie samenstelling. Waarna de lokatie van de opname random bepaald is. Voor de beschrijving van vegetatie en terrein is gebruik gemaakt van het ITC relevé formulier (Bijlage 4). M.b.t. de opname groottes zijn de aanbevolen oppervlaktes gegeven door van Gils en Zonneveld (1982) gebruikt. Deze bleken goed overeen te komen met een door Goungounga (1986) uitgevoerde minimum areaal bepaling voor houtige gewassen in het Bois de Barrage. Voor het houtige deel van de vegetatie is een oppervlak van 1000 m² gebruikt. De kruidlaag is bemonsterd op 16 m² wanneer het een dichte homogene kruidlaag betrof en op 100 m² bij een open kruidlaag of een nagenoeg kale grond. Twee zijden en een hoekpunt vielen altijd samen met twee zijden en een hoekpunt van de bomen en struiken opname.

Terrein, water en bodem eigenschappen zijn beschreven aan de hand van de 'guidelines for soil profile description' (ITC uitgave). Het bodemprofiel is beschreven aan de hand van een geboord profiel tot maximaal 1.5 m diepte. Voor de textuur determinatie die met de hand is uitgevoerd is naast de textuur driehoek gebruik gemaakt van een tabel voor textuur klassen uit Veen (1986). De kleur is beschreven met behulp van de Munsell Soil Color Charts en de pH met een Hellige pH set.

Bij de vegetatie beschrijving is voor de structuur de volgende onderverdeling gehanteerd:

- boomlaag - houtige gewassen > 5 m hoog
- hoge struiken - houtige gewassen tussen 1.5 en 5 m hoog
- lage struiken - houtige gewassen < 1.5 m hoog
- kruiden - zo mogelijk onderverdeeld in een lage en een hoge stratum.

Om de botanische samenstelling te kunnen vaststellen werden de soorten verzameld, voorzien van een nummer en een voorlopige of lokale naam ('quick herbarium' methode). De verzamelde soorten zijn gedetermineerd m.b.v. The Flora of Tropical West Africa (1954) en voor het grootste deel door M^{me} J. Milogo (Botanica aan de Université de Ouagadougou). De bedekking is per soort en vegetatie laag aangegeven volgens de schaal van Londo (van Gils en Zonneveld, 1982). Daarbij zijn de volgende bedekkingsklassen gebruikt:

bedekking <1 %	1
1 - 3 %	2
3 - 5 %	4
5 - 15 %	10
15 - 25 %	20
25 - 35 %	30
etc.	

Benede: de 5 % bedekking is de abundantie aangegeven volgens de volgende verdeling:

1 - 5 individuen	r
5 - 25 individuen	p
25 - 100 individuen	a
> 100 individuen	m

Tegelijkertijd werden gegevens m.b.t. de fenologie genoteerd. Hierbij werd aangegeven of de soort in blad stond, bloeide of vruchten droeg.

Systematische aandacht werd tevens besteed aan het voorkomen van termietenheuvels. Per opname werd het aantal heuvels genoteerd, opgesplitst in twee categorieën: grijze kleine en grote gele termietenheuvels. Hierbij werd tevens de gemiddelde hoogte en doorsnede gegeven.

In aanvulling op de tijdens het veldwerk verzamelde gegevens is informatie verzameld met betrekking tot: -klimaat: regenval en temperatuur gegevens van verschillende stations in het veldwerkgebied van een periode van tien jaar voorafgaand aan het veldwerkseizoen zijn verkregen van de Service Meteorologique te Ouagadougou.

-geologie: geologische kaarten met de toelichting zijn bestudeerd op het BUMIGEB.

-hydrologie: gegevens met betrekking tot waterputten geslagen door verschillende projecten zijn verkregen van IWACO (Ouagadougou) en gegevens m.b.t. stuwmeren zijn verkregen op het CIEH.

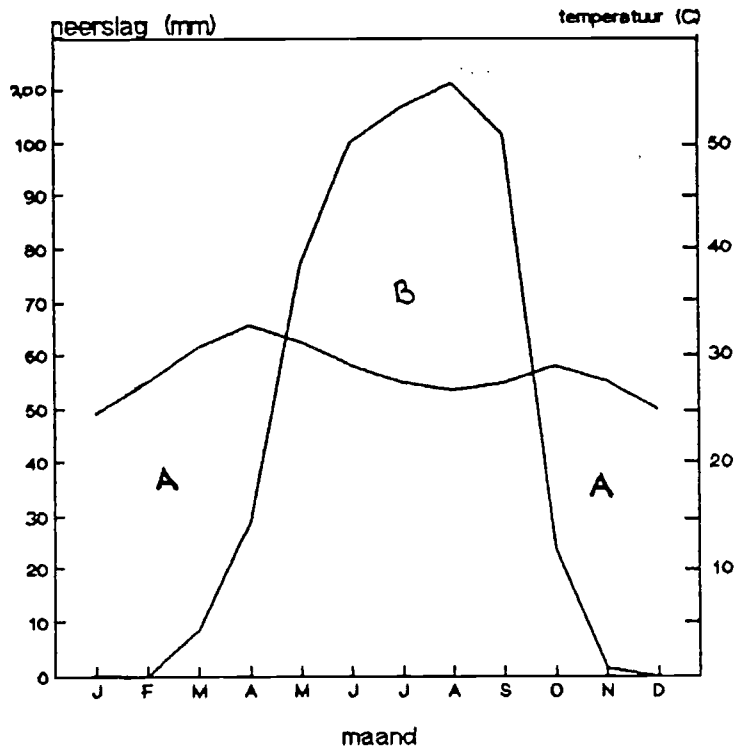
-bodemkunde: ondersteuning is verkregen van het BUNASOL (Ir.F.Berding).

Na het veldwerk is de classificatie op basis van de foto- interpretatie met de classificatie van de terrein bemonstering gecombineerd. Dit is gebeurd in de vorm van een matrix van de voorlopige kaarteenheden en de vegetatietypen (planten-gemeenschappen). Vervolgens zijn de voorlopige kaarteenheden beschreven als complexen van vegetatie typen , waarbij tevens enige voorlopige kaarteenheden opgesplitst of herzien werden. Een herinterpretatie van de foto's gebaseerd op een correlatie van de veldwerk gegevens en de voorlopige interpretatie is vervolgens uitgevoerd. De zo ontstane definitieve kaarteenheden zijn in de legenda (Bijlage 1, Tabellen 4 en 5) gepresenteerd als landschapseenheden. In de definitieve legenda zijn naast de vegetatie gegevens tevens de andere verzamelde terrein gegevens verwerkt. Bij de verwerking van de vegetatie gegevens is onderscheid gemaakt tussen structuur en botanische samenstelling van de vegetatie. Op een tweetal manieren zijn de vegetatie structuur gegevens geïnterpreteerd.

De botanische samenstelling is gepresenteerd in de vorm van een vegetatie tabel. De wijze waarop deze tot stand gekomen is staat beschreven in hoofdstuk II.5.1 over de vegetatie compositie.

Figuur 2: Klimaatdiagram voor Ouagadougou. B geeft de relatief vochtige periode aan, A de relatief droge periode. De vlakke tweetoppige curve geeft de temperatuur aan, de andere curve de regenval. (naar: Walter, 1984).

Ouagadougou ville (296 m)



III. LANDSCHAPSOECOLOGISCHE VEGETATIEKARTERING

III. 1. Klimaat

De dominerende klimatologische factor die de seizoenen en het klimaat in West Afrika beïnvloedt is de interactie van twee luchtmassa's die resulteert in de Harmattan en de Moesson. Deze luchtmassa's komen met elkaar in contact langs de Inter Tropical Convergence Zone (ITCZ). De ITCZ beweegt langs een Noord-Zuid as gedurende het jaar. In de zomer naar het noorden, ze brengt dan vochtige lucht en regen mee (de Moesson). Dit is het regenseizoen, dat in Burkina Faso duurt van juni tot september. Na de zuidwaartse verplaatsing van de zone komt het gebied onder invloed te liggen van noordelijke winden, de Harmattan. Deze luchtmassa voert droge lucht aan en zorgt voor de droge tijd van september tot mei (Kowal en Kassam, 1978).

Klimaadiagrammen geven een karakterisering van het klimaat op een bepaalde plek. De afwisseling en de intensiteit van droge en natte perioden in de loop van een jaar is goed af te leiden uit een klimaatdiagram (Figuur 2).

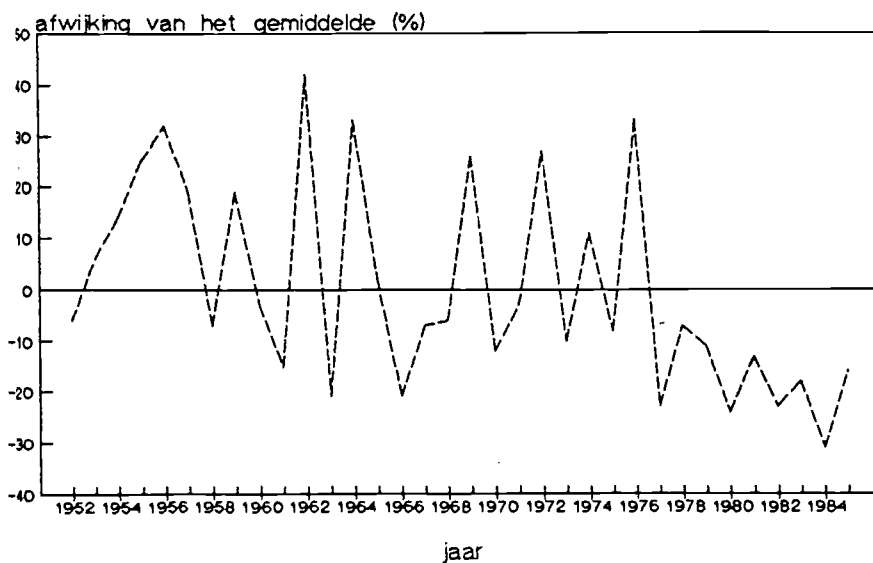
De temperatuur en de neerslag zijn erin uitgezet volgens de door Walter (1984) beschreven methode. De temperatuur curve loopt parallel met de potentiële evapotranspiratie. De hoogte van vlak A is een maat voor de intensiteit van de relatief droge periode, de lengte voor de duur ervan. Vlak B, waar de regenval curve boven de temperatuur curve uitkomt, geeft de relatief vochtige periode aan, waarbij de periode waarin de regenval meer dan 100 mm bedraagt als zeer vochtig kan worden beschouwd. De regenval (als belangrijkste toevoer van water voor de vegetatie van belang) heeft naast zijn seizoenskarakter ook nog een variabiliteit van jaar tot jaar. Wanneer de procentuele afwijking van de gemiddelde regenval wordt uitgezet valt op dat de regenval sterk fluctueert van jaar tot jaar (Figuur 3, naar: Advisory Committee on the Sahel, 1984). Opmerkelijk daarbij is de relatief droge periode vanaf 1977. Echter een trend van droge of vochtige perioden is door de sterk van jaar tot jaar verschillende regenval moeilijk waarneembaar. Wanneer echter de cumulatieve afwijking van het gemiddelde wordt uitgezet (Figuur 4, naar: Prins en Loth, 1988) worden natte en droge perioden beter zichtbaar. Als tevens het vijfjaars lopend gemiddelde wordt uitgezet (Figuur 4) worden de nog aanwezige van jaar tot jaar fluctuaties nog meer gedempt. Een stijgende lijn geeft dan een vochtige periode aan, een dalende lijn een droge periode. Opmerkelijk is dat voor Ouagadougou de bekende droge periode van de jaren 60 beduidend minder droog is dan de periode die begon omstreeks 1976 en doorloopt tot 1985.

Naast deze van jaar tot jaar fluctuatie komt er binnen een regenseizoen ook een sterke fluctuatie voor van de regenval in zowel de tijd als de ruimte. Dit kan duidelijk gemaakt worden door de regenval gemeten op een tweetal stations in het veldwerk gebied per 10 dagen (decade) uit te zetten (Figuur 5). De totale regenval per plaats in 1986 is vermeld in Tabel 2.

Vroege regens kunnen vroege kieming op starten. Zo bepalen de juli regens het begin van de grote groeiperiode. Als juli nat is kan het aantal groeidagen groot zijn en de produktie dus hoog.

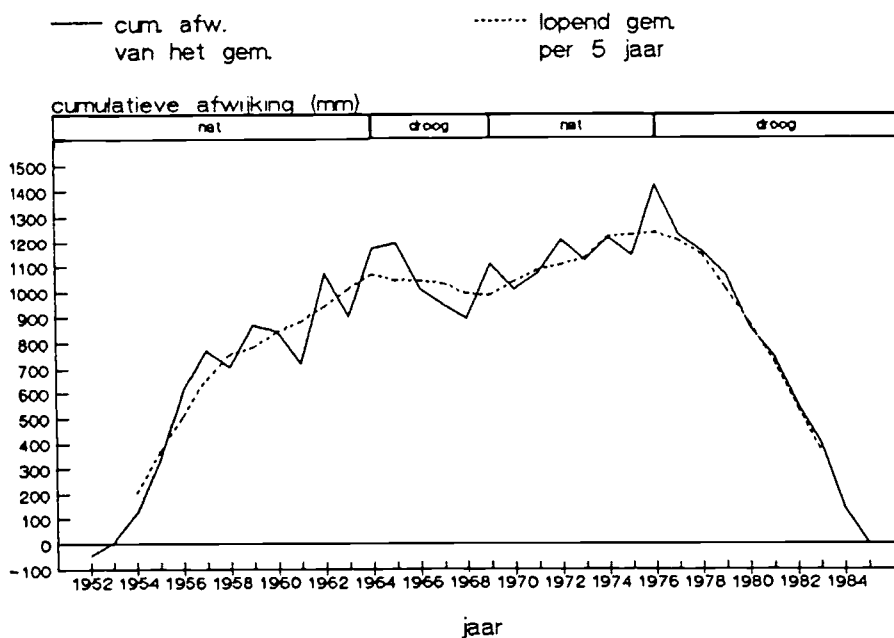
In een natte augustus maand kan er zich water ophopen in de bodem. Dit is beschikbaar voor de planten zelfs als de september regenval laag is. De september regenval beïnvloedt de afrijping van de planten. Late regens, bijvoorbeeld in oktober, kunnen het verrotten van de droge vegetatie en de afrijpende gewassen veroorzaken (Penning de Vries en Djiteye, 1982). De regens in oktober en november dragen niet meer bij aan de groei. Droge periodes tijdens het regenseizoen (bijvoorbeeld Saba in augustus, Ouagadougou in juli en augustus) kunnen afhankelijk van de periode waarin ze vallen grote gevolgen hebben voor kieming, ontwikkeling en afrijping van het gewas. Zo kan een droge periode in de kiemingsperiode leiden tot het volledige verlies van het uitgezette zaaigoed.

Figuur 3: Regenvalafwijking (%) van het gemiddelde over de periode 1952 - 1985 van het regenvalstation Ougadougou aero. De gemiddelde regenval over deze periode bedraagt 829 mm.



Figuur 4: Cumulatieve afwijking van de gemiddelde regenval (mm).

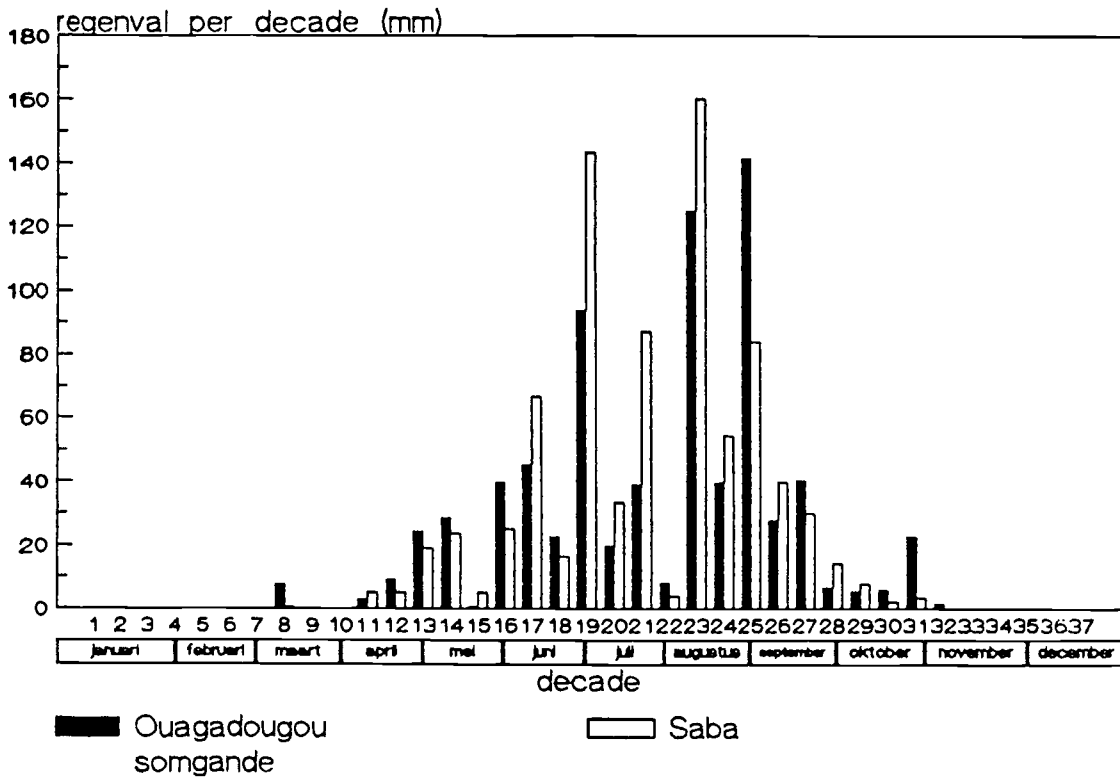
Ouagadougou aero (1952-1985)



Tabel 2: Totale regenval (mm) in 1986, gemeten op stations in en rond het veldwerkgebied.

Kamboince	Ouagadougou Somg.	Saba	Zorgo	Kombis-siri	Guilongou	Boulbi
789	753	827	708	746	681	785

Figuur 5: Totale regenval (mm) per decade in 1986 voor Saba en Ouagadougou somgande.



Figuur 6: Geologische kaart van het onderzoeksgebied

PRECAMBRIEN C (Birrimien)

Roches plutoniques

- c) massifs circonscrits post tectoniques
 - s syenites
- b) granites syn à tardi-tectonique
 - gbm granites à biotite parfois muscovite
 - gba granites à biotite amphibole

Roches volcano-sédimentaires

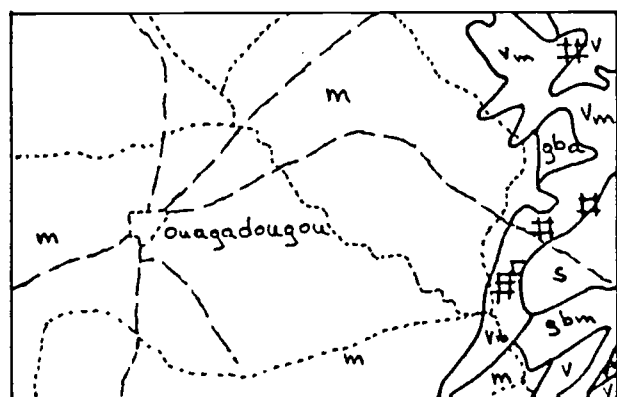
- v volcanosédimentaire: tufs, laves et sédiments associés
- vm meta volcanites neutres et basiques

Facies pétrographiques spéciales

- # facies grenus basiques (sills, laccolites) associés aux meta volcanites, diorites, gabbros, diorites quartziques

PRECAMBRIEN D (Antébirrimien)

- m migmatites et granites indifférenciés



III. 2. Geologie en Geomorfologie

Meer dan 80 % van het land wordt bedekt door twee kristallijne formaties genaamd het Precambrium C en D (Hottin en Ouedraogo, 1975). Deze twee tevens in het onderzoeksgebied voorkomende formaties zijn door erosie afgevlakt en omgevormd in 'peneplains'. Het Precambrium D bestaat voornamelijk uit granitoiden: graniet, migmatiet en gneiss (zeldzaam). Het Precambrium C komt voor in stroken van 20-50 km. breed en 100-500 km. lang en bestaat uit vulkanieten, pyroklasten, vulkanosedimenten en sedimenten (Figuur 6).

Op dit precambrisch graniet heeft zich onder invloed van het klimaat een laterietkorst van wisselende dikte gevormd. Het lateriet kan voorkomen op twee nivo's (Teissier, 1974). Het hoge nivo in de vorm van tafelvormige heuvels en het lage nivo liggend op dezelfde hoogte als het huidige verwerings oppervlak (peneplain).

Het relief hangt nauw samen met de geologische samenstelling van de ondergrond (Hottin en Ouedraogo, 1975). Zo kunnen vanwege de lithologische natuur een viertal heuvels (collines) onderscheiden worden in Burkina Faso. Twee daarvan komen voor in het veldwerkgebied. Het betreft alkaline rotsen (graniet, syeniet, dioriet) met in het algemeen 'affleurement remarquables'. Daarnaast vormt lateriet in het algemeen tafelvormige heuvels die niet meer dan enkele tientallen meters boven de 'peneplain' uitkomen. Roose (1978) beschrijft het graniet landschap van Gonse, dat typerend is voor het Mossi plateau als volgt: 'het is gekarakteriseerd door zwakke hellingen en een slechte externe drainage. Het bestaat uit enigszins verheven harde heuvels, een korte puinhelling (helling 2-4%), een lange grind helling (helling 0.5-1%) en een smalle band van geërodeerde oker gronden (helling 2-3%) langs de kleine tijdelijke rivierbeddingen'.

Op basis van de luchtfoto's en van Zuidam (1979) (zie ook Spaans, 1987) is in dit onderzoek de volgende geomorfologische onderverdeling gemaakt:

- collines: de boven het verweringsvlak uitstekende heuvels. Ze liggen geïsoleerd, hebben steile hellingen en een plat oppervlak.
- plateau: het huidige, golvende verweringsvlak.
- pentes: korte (enkele tientallen meters) tot lange (enkele honderden meters), licht hellende hellingen.
- bas-fond: de overstromings vlaktes van de semipermanente rivieren.

III. 3. Hydrologie

Het onderzoeksgebied maakt deel uit van het stroomgebied van de Nakambe. De Nakambe is een van de tijdelijke rivieren in Burkina Faso. De Massili is een van de zijrivieren van de Nakambe en stroomt dwars door het onderzoeksgebied. Na de regentijd blijven deze rivieren nog enige tijd water geven. Als ze ophouden te stromen blijft er water achter, gedurende hooguit enkele maanden, in 'mares'. Naast deze al dan niet kunstmatige mares is er water beschikbaar in de verscheidene barrages die in de loop van ongeveer de laatste 40 jaar zijn aangelegd. Naast drinkwater voor mens en dier kan het water ook gebruikt worden voor irrigatie van de tuinbouw op de oevers en wordt er wel vis in gekweekt. Tabel 3 geeft een overzicht van enkele barrages en hun karakteristieken in het onderzoeksgebied.

Waterhoudende lagen (aquifers) kunnen in het Precambrium van Burkina Faso op een drietal plaatsen voorkomen (Palacky et al, 1981):

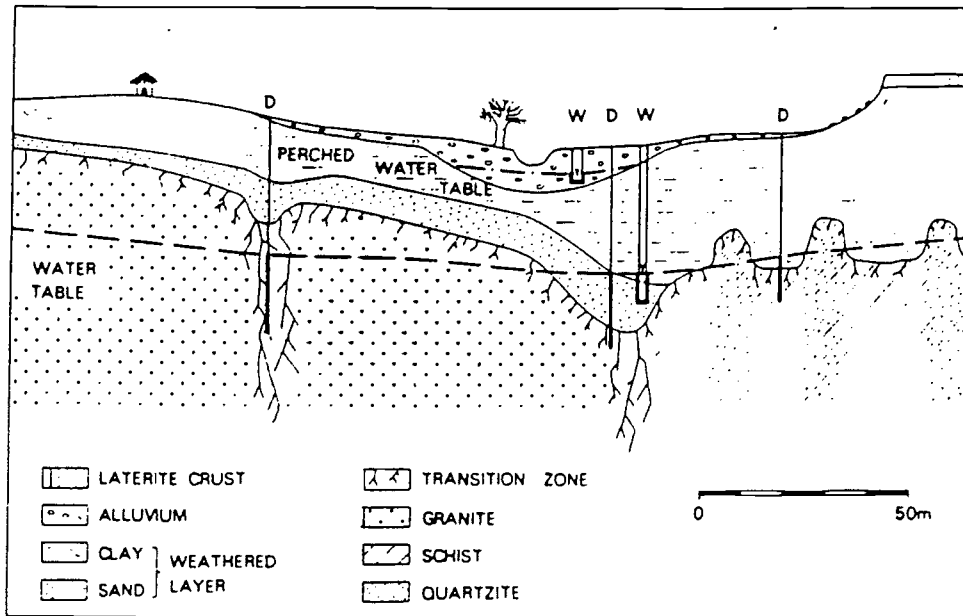
- alluviale aquifers in rivier valleien. Oorspronkelijk de enige water bronnen, maar traditioneel gegraven putten worden gemakkelijk verontreinigd en het water is vaak ongeschikt voor menselijke consumptie. De opbrengst is vrij hoog tijdens en na het regenseizoen (2-10 m³/uur) maar het peil zakt aanzienlijk gedurende de droge tijd.
- aquifers in de verweringszone. Water kan allen gevonden worden in de overgangszone. Vanwege de droogte van het gebied is de laag doorgaans droog. De laag is vaak niet dik genoeg voor een economisch rendabele aquifer.
- aquifers in breukvlakken. De verwerking langs breuken is dieper dan in de omliggende gebieden. De geassocieerde breukvlak zones vormen uitstekende aquifers vanwege de aanzienlijke dikte van de waterkolom. Het waternivo is diep genoeg voor een laag verontreinigings risico (Figuur 7).

Tabel 3: Enige kenmerken van de in het onderzoeksgebied bekende barrages (bron: CIEH, Ouagadougou).

BARRAGE	COORD.	PLAATS	RIVIER	CONSTRUC- TIE DATUM	STROOM- GEBIED (KM ²)	CAPACI- CITEIT (M ³)	OPPER- VLAK (HA)	GEBRUIK
Goundry	1° 20'0 12° 31'N	Goundry	Massili	1983-1984	20	<300.00	<30	me/ve/la/vi
Koala	1° 15'0 12° 31'N	Koala	Massili	1980-1981	34	-	-	la/ve/vi
Koubry II	1° 23'0 12° 18'N	Koubry Poedogo	Koubri	1949	-	-	600	-
Loumbila	1° 24'0 12° 19'N	-	Loumbila	1947	2100	32.000.000	1537	me/la/ve/vi
Nabigiri	1° 13'0 12° 28'of 18'N	-	Voiké	1977	5	2500	6	me/la/ve/vi
Nagreongo	1° 10'0 12° 29'N	-	-	1966	72	1.040.000	60	la
Napagab	1° 21'0 12° 14'N	Gounghin Nakamtinga Tanvi	-	1962	25	2.000.000	60	la/ve/vi
Ouagadougou I	1° 30'0 12° 23'N	Ouagadougou	Baskury	1934	285	300.000	50	ve/me/vi/la
Ouagadougou II	1° 30'0 12° 23'N	Ouagadougou	Monabaully	1928	-	1.700.000	15	me/la/ve/vi
Ouagadougou III	1° 30'0 12° 23'N	Ouagadougou	Monabaully	1951	350	2.800.000	9	me
Ranitenga	1° 23'0 12° 33'N	-	-	1984	15	-	-	-
Saaba	1° 23'0 12° 22'N	Tanghin, Saaba, Tan- sobintenga	Congo	1949	-	±15	me/ve/vi/la	
Yamtenga	1° 27'0 12° 20'N	Ouagadougou Saaba Danyago	Yarogo Danyongo	1956	4.4	-	-	-
Yamtenga II	1° 27'0 12° 20'N	Ouagadougou Yamtenga Saaba	Yarogo Danyogo	1964	4.4	982.00	57	me/ve/la/vi
Zagtouli	1° 34'0 12° 21'N	Zagtouli	Boulmi- ougou	1929	-	10.000	7	ve/la/vi

COORD. = Coördinaten, (1) gebruik naar volgorde van belangrijkheid, me = menselijk, ve = vee, vi = visserij, la = landbouw.

Figuur 7: Schematische doorsnede van de hydrologische condities in Burkina Faso. De 'perched water table' daalt en stijgt afhankelijk van de afwisseling van het natte en droge seizoen. Putten (W) kunnen gegraven worden in zacht materiaal, maar moeten geboord (D) worden in hard materiaal. (uit: Palacky et al, 1981).



Figuur 8: Bodemkaart van het onderzoeksgebied (naar: Kaloga, 1968)

LEGENDE PEDOLOGIQUE

Sols minéraux bruts

Sols minéraux d'origine non climatique
Sols bruts d'érosion ou squelettiques
LITHOSOLS



-Sur cuirasses ferrugineuses

Association à:



sols à pseudogley hérité à taches et concrétions sur matériaux argilo sableux bigarré et sols peu évolués hydromorphes sur matériau gravillonnaire



sols peu évolués hydromorphes sur argile vertique à recouvrement gravillonnaire et sols à pseudogley structuré sur matériau d'origine diverse

REGOSOLS



-sur schistes

Sols peu évolués

sols peu évolués d'origine non climatique
sols peu évolués d'érosion (et d'apport)
sols peu évolués hydromorphes

FACIES MODAL

sur matériau gravillonnaire

Association à:



Lithosols sur cuirasses ferrugineuses



sols halomorphes sur matériau argileux à argilo-sableux

FACIES BRUN EUTROPHE

Sur matériau gravillonnaire à recouvrement argileux

Association à:



Vertisols lithomorphes modaux

Vertisols et para vertisols

vertisols lithomorphes
 vertisols non grumosoliques
 VERTISOLS MODAUX



sur matériaux argileux gonflant

Sols à Mull

sols à Mull des pays tropicaux
 sols brun eutrophes
 SOLS BRUN EUTROPHES VERTIQUES

sur matériau argileux parfois graveleux issu de roches
 basiques ou neutres

Association à:



vertisols lithomorphes modaux et lithosols sur roches
 basiques ou neutres

sur matériau argileux parfois gravel aux dérivés de
 schistes

Association à:



vertisols lithomorphes modaux

Sols Halomorphes

sols halomorphes à structure dégradée
 sols non lessivés à alcalis

sur matériau argileux à argilo-sableux

Association à:



lithosols sur granite

Sols hydromorphes

sols hydromorphes minéraux
 sols à pseudogley
 sols à taches et concrétions
 sols à pseudogley modaux

sur matériau alluviaux divers



association à sols peu évolués hydromorphes sur
 matériaux alluviaux sablo-limoneux à limoneux

SOLS A PSEUDOGLEY HERITE

sur materiau argilo-sableux bigarré



Association à: lithosols sur cuirasses ferrugineuses et
sols ferrugineux tropicaux remaniés sur materiau
argilo-sableux en profondeur

sur arène granitique graveleuse



Association à sols peu évolués hydromorphes sur arène
granitique graveleuse

Après: carte pédologique de reconnaissance de la république de Haute Volta

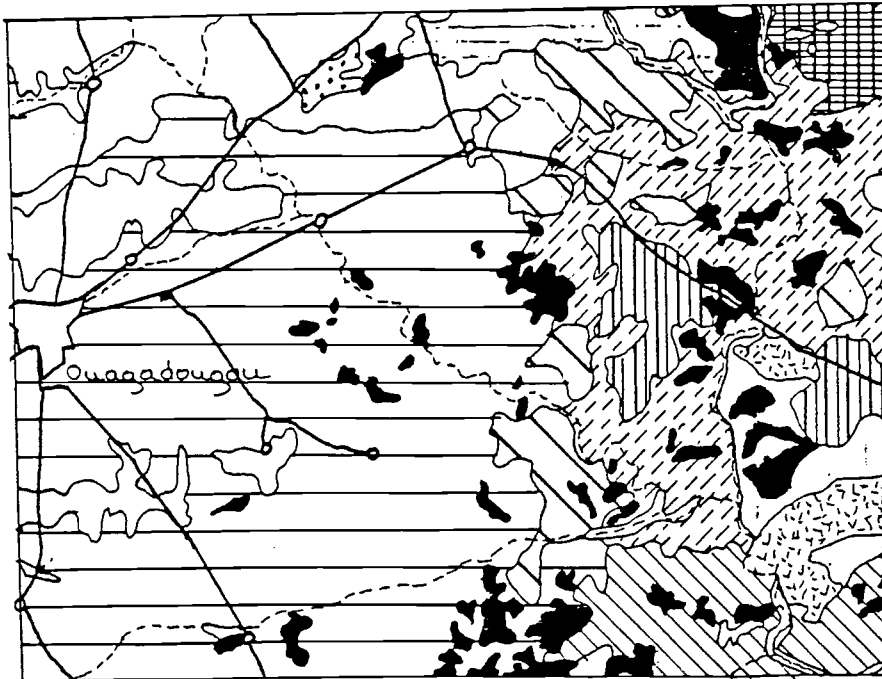
Centre sud

Centre ORSTOM de Dakar

Echelle 1:500.000

Dressée par B. Kaloga

Desinée au service
cartographique de
l'ORSTOM par G. Alboucq
1968



III. 4. Bodem

III. 4. 1. Bodems van West Afrika

Volgens de bodemclassificatie van d'Hoore (Kowal en Kassam, 1978) - in essentie een climatogene klassificatie en dus nauw verbonden met klimaat en vegetatiezones - behoren de bodems die gevormd worden onder 500 - 1200 mm regenval per jaar en een scherp gemarkeerd regen en droog seizoen tot de 'Ferruginous Tropical Soils'. Dit zijn sterk verweerde en duidelijk gelateritiseerde bodems. Een algemeen kenmerk is de neerwaartse beweging van klei in het profiel. Dat heeft een zandig bodemoppervlak tot gevolg met weinig organisch materiaal en een lage basen uitwisselings capaciteit, met daarnaast een compacte ondergrond waar de klei zich heeft opgehoopt. Een tweede kenmerk is de afscheiding van vrije ijzer oxiden die afgezet worden in het profiel in de vorm van roest ('mottles'), concreties of een harde lateriet laag. Het bodemprofiel is ondiep vaak minder dan 150 cm. Het gehalte aan organisch materiaal in de bodem is laag, zelden meer dan 2 - 3 % C. De waterhoudende capaciteit is redelijk goed maar hangt vooral af van de structuur eigenschappen. Veel van deze bodems hebben de neiging om oppervlakte korsten te vormen en zijn erg erosie gevoelig. De landbouwkundige waarde wordt gewoonlijk gewaardeerd als slecht tot matig. Nutrienten nivo's, vooral van P zijn laag en de bodems hebben een erg lage buffer capaciteit (Kowal en Kassam, 1978).

Naast het feit dat P in lage concentraties voorkomt in savanne bodems komt het dan ook vaak nog in een onoplosbare dus niet beschikbare vorm voor planten voor. N is een ander belangrijk beperkend gewas nutriënt in de West Afrikaanse savanne bodem.

III. 4. 2. Bodemprofiel

De bodemkaart van Kaloga (1968) geeft een grove indeling van de bodems in het veldwerkgebied (Figuur 8). De belangrijkste eenheden zijn 'Sols hydromorphes association à lithosols sur cuirasses ferrugineuses' en 'Sols peu évolués association à lithosols sur cuirasses ferrugineuses'.

De tijdens het veldwerk verzamelde bodemprofiel gegevens zijn per landschapseenheid samengebracht in Tabel 4. Andere fysische aspecten van de bodemprofielen zijn weergegeven in Tabel 5.

De textuur van de bodems is lemig. Hierdoor zijn ze gevoelig voor korstvorming. Deze korstvorming kan ontstaan bij een bepaalde verhouding van leem en klei. Deze twee vormen o.i.v. regenval met een grote intensiteit een suspensie die een harde korst kan vormen. De zanddeeltjes blijven op het oppervlak achter en worden vervolgens weggeblazen door de wind. Deze korstvorming en vermindering van de infiltratie capaciteit kan versterkt worden door de groei van algen op het oppervlak die het oppervlak hydrofoob maken. Een bodembedekking met grassen of oogstresten lijkt deze korstvorming te kunnen remmen. (Penning de Vries & Djiteye, 1982). De meeste bodems zijn zuur tot neutraal met een pH in de buurt van de 5. De bodemdiepte varieert sterk. Op de lateriet kopjes minder dan 30 cm terwijl de landbouwgronden (P12, P13, S12 in Tabel 4) en de riviervlaktes (F1, F2 en F3) diepere bodems hebben, vaak dieper dan 100 cm. Veel bodemprofielen vertonen verder mottling. Dit wijst op een neerwaartse beweging van Fe door infiltratie samen met een schommelende grondwater spiegel die de Fe rijke lagen beïnvloedt. Uiteindelijk kan in deze laag lateriet grind of zelfs een harde lateriet kap gevormd worden (Gelens, ITC uitgave).

Tabel 4: Bodemprofielen van de landschapseenheden.

LE	veg. type	opn. diepte (cm)	bodem diepte (cm)	horizon	diepte (cm)	textuur (1)	kleur (2)	pH	mottling kleur,1.2.3.4 (3)			
C	GbEe	42	10	R	0-10	sl	l.y.brown	5.75	-			
				A	0-30*	l,gr	red	4.75	-			
				A _h	0-9	(humus)	d.g.brown	5	-			
				R	9	-	weak red	-	-			
		IgLt	29	20	A	0-20	sl,v.gr	red	4.25	-		
		MsEe	21	13	A	0-13	ls,gr	d.y.brown	4.75	-		
		R			-	-	-	-	-	-		
	Pd1	IgLt	10	20*	A	0-10	sl,v.gr	g.brown	6	-		
					B _{u1}	10-20	sc,gr	brown	5.5	-		
					B _{u2}	20*	sl,v.gr	y.red	5	-		
			35	45	A _h	0-30	sl,v.gr	y.brown	5	-		
					B	30-45	sl,v.gr	y.red	4.5	-		
			32	20	O	0-10	(humus)	black	5.5	-		
		B _w			10-20	c,v.gr	v.d.g.br.	5	-			
		R			-	-	-	-	-			
			11	10*	A	0-10	ls,gr	d.brown	5	-		
		B			10*	sc,gr	red	5	-			
			19	55	A	0-15	ls,gr	s.brown	5.75	-		
					B _w	15-32	sl,v.gr	y.red	6	-		
					B	32-52	sl,v.gr	y.red	5.25	-		
			9	10*	A	0-10	scl,gr	brown	5	-		
					B	10*	sc,gr	red	6	-		
	ApPp	49	30	A	0-30	sl	p.brown	5.75	-			
	SvPp	12	73*	A _h	0-27	sl	d.g.brown	6	-			
				A _w	27-37	sc	brown	5	-			
				B _{u1}	37-56	l	s.brown	5	red,f.m.d.s			
				B _{u2}	56-73*	l,gr	r.yellow	5	red,m.c.d.s			
Pd2	KsCm	2	100	A _h	0-16	ls	v.p.brown	5	-			
				B	16-93	l	b.yellow	4.5	-			
				B _w	93-102	c	b.yellow	5	red,c.m.d.-			
Pm1	MsEe	37	50	A _h	0-15	sl	y.brown	5.5	-			
				A _w	15-32	sl	y.brown	5	-			
				B _u	32-50	sc,gr	y.red	5	-			
					22	77	A _h	0-10	l	brown	4.5	-
				B _h			10-30	l	y.brown	4	-	
				B			30-50	l	b.yellow	4	-	
			30	45	B _w	50-77	l	r.yellow	4	red,f.m.d.-		
		A _h			0-11	gravel	br/d.brown	5	-			
		B _w			11-24	ls,v.gr	y.red	4.5	red,f.f.f.			
		SvPp	57	25	A _h	0-10	sl,v.gr	l.brown	5.25	-		
					B	10-25	sl,v.gr	l.brown	5	-		

Tabel 4: (vervolg)

LE	veg. type	opn. diepte (cm)	bodem diepte (cm)	horizon	diepte (cm)	textuur (1)	kleur (2)	pH	mottling kleur,1.2.3.4 (3)	
Pm2	SvPp	60	10*	A _h	0-10	cl	p.brown	5	-	
		59	12*	A _{u1}	0-6	l	l.y.brown	5.5	-	
				A _{u2}	6-12	l	l.y.brown	5.75	-	
P11	IgLt	55	30	A ₁	0-17	s,v.gr	y.red	5.5	-	
				B _w	17-30	s,gr	red	6	-	
	MsEe	47	10	A	0-10	si,gr	p.brown	-	-	
P12	CtPt	33	45	A _{p1}	0-13	ls	br/d.brown	5.5	-	
				A _{p2}	13-25	s,gr	brown	5	-	
				B _{h=}	25-36	sl,v.gr	brown	5.25	red,c.f.d	
			40	65	B _w	36-45	l,gr	y.red	5.5	-
					A _p	0-13	ls,s.gr	y.red	5	-
					B _p	13-32	sl,s.gr	red	5.75	-
			14	60*	B _w	32-65	l,s.gr	red	6	-
	EtZg	A _{p1}			0-11	s,s.gr	d.y.brown	5	-	
		A _{p2}			11-28	ls,s.gr	d.y.brown	5	-	
		B _h	28-46	sc,gr	y.brown	5	-			
				B	46-60*	c,v.gr	brown	5	red,c.f.f.	
P13	ApPp	36	73	A _h	0-32	s	p.brown	5.25	-	
				B _h	32-44	sl	r.yellow	5	-	
				B	44-61	l	r.yellow	5	-	
			48	110	B _{o=}	61-73	l,s.gr	r.yellow	5	-
					A _h	0-10	ls	l.y.brown	5	-
					B _h	10-23	ls	l.y.brown	4.5	-
					B	23-52	sl	b.yellow	4.25	-
					B _w	52-78	cl	s.brown	4.25	-
					B _g	78-110	c	s.brown	5	red,f.m.d.
	Sd1	IgLt	51	90	A _h	0-11	sl	l.y.brown	6	-
A _w					11-25	scl	b.yellow	5	-	
B _{g1}					25-42	c	l.y.brown	5	5YR6/8,c.m.d	
			16	53	B _{g2}	42-62	c,s.gr	b.yellow	5	red,m.m.p
					C _g	62-90	gravel	v.p.brown	5.25	red,m.m.p
					A	0-5	ls	y.brown	6	-
			38	90	A _t	5-17	scl	d.brown	6.5	-
					B _{u1}	17-36	l	s.brown	5	-
					B _{u2}	36-53	l,gr	y.red	4.75	-
					A _h	0-29	ls,s.gr	brown	5	-
				A _g	29-60	ls,s.gr	p.brown	4.25	red,m.m	
				B	60-90	l,v.gr	v.p.brown	5	-	
Sd2	IgLt	45	10	A	0-10	sil,v.gr	l.y.brown	6	-	
		50	50	A _h	0-25	l	y.brown	5.75	-	
				A _g	25-50	cl	s.brown	5	-	
		44	30	A _w	0-15	si	l.y.brown	4.25	-	
				A	15-30	si	b.yellow	5	-	
Sd3a	BlDa	3	90	A _h	0-5	ls	v.p.brown	5.75	-	
				B _{u=}	5-28	l	yellow	7	-	
				B _{g1}	28-68	cl	-	8	red,c.m.d	
				B _{g2}	28-90	cl	-	7.75	-	

Tabel 4: (vervolg)

LE	veg. type	opn. diepte (cm)	bodem horizon diepte (cm)	horizon	diepte (cm)	textuur (1)	kleur (2)	pH	mottling kleur, 1.2.3.4 (3)	
S12	CtPt	5	80	A _n	0-4	scl	v.p.brown	5	-	
				B _{ex}	4-55	cl	b.yellow	7	-	
				B _w	55-80	cl	b.yellow	7	s.brown,c.m.d	
	EtZg	6	100	B	0-25	sl	yellow	4.5	-	
				B _{w1}	25-63	cl	v.p.brown	5.75	-	
				B _{w2}	63-100	c	yellow	7	-	
		SvPp	41	52	A _p	0-10	c	brown	6	-
					A	10-52	c,s.gr	y.brown	8	-
					A _p	0-30	sl	y.brown	5	-
	EtZg	46	40	A	30-40	sl,s.gr	y.brown	5	-	
				A _{nw}	0-12	s,s.gr	l.brown	6.75	-	
				A _n	12-32	ls,gr	y.red	5	-	
SvPp		34	40	B	32-33	sl,v.gr	red	5.25	-	
				A _n	0-12	ls,gr	d.y.brown	5	-	
				B	12-40	ls,gr	y.red	5.25	-	
Sm	MsEe	25	74	A _{n1}	0-10	ls	br/d.brown	5.75	-	
				A _{n2}	10-30	sl	br/d.brown	6.5	-	
				B _n	30-45	c,s.gr	y.brown	8	-	
				B _w	45-70	l	br.yellow	7.5	-	
				A _n	0-20	sl	brown	5	-	
				B	20-72	l	s.brown	5	-	
	SvPp	31	15	B _c	72-74	l,v.gr	y.brown	6	red	
				A _n	0-15	l	br/d.brown	4.75	-	
				R	15	-	-	-	-	
		SvPp	58	20	A	0-20	ls,s.gr	r.yellow	5	-
					(R)	20	-	-	-	-
					A _n	0-14	cl,s.gr	d.g.brown	5	-
SvPp	24	30	B _c	14-30	cl,v.gr	br/d.brown	4.75	d.red		
			A _n	0-10	sl	l.y.brown	5.25	-		
			A	10-27	sl	p.brown	5	-		
	SvPp	54	90	B _{w1}	27-54	cl	v.p.brown	5	7.5YR6/8,c.f.d	
				B _{w2}	54-90	cl,s.gr	br.yellow	5.25	red,m.m.d	
				A _n	0-19	ls	brown	5	-	
Sw	GbEe	18	120	B _n	19-45	sl	s.brown	4	-	
				B	45-85	l	s.brown	4.5	-	
				B _w	85-120	l	b.yellow	4.5	red,c.m.p	
				A _n	0-12	sl	y.brown	5	-	
				B _w	12-29	slc	s.brown	5.5	-	
				B _{u1}	29-69	c	r.yellow	5.5	y.red,m.c.d.d	
	ApPp	52	41	B _{u2}	69-93	c	s.brown	8	-	
				A _n	0-25	l	p.brown	5.25	-	
				B _w	25-41	cl	p.brown	5	-	
		BlDa	26	25	A	0-25	l	s.brown	8.5	-
					A	0-9	l	brown	5	-
					B _{u1}	9-19	cl	s.brown	5	-
BlDa	13	39	B _{u2}	19-39	cl	yellow	6	-		

Tabel 4: (vervolg)

LE	veg. type	opn.	bodem diepte (cm)	horizon	diepte (cm)	textuur (1)	kleur (2)	pH	mottling kleur,1.2.3.4 (3)		
F1	KsCm	8	40+	A	0-6	ls	l.y.brown	5.5	-		
				B _c	6-23	sl	y.brown	5	-		
				B _{sc}	23-40+	sl	yellow	-	red,f.f.d.d		
		1	115	4	100	A _h	0-17	c	l.y.brown	7	-
						A _w	17-30	cl	y.brown	5.25	-
						B	30-52	l	b.yellow	5.5	-
						B _{sc1}	52-75	c	b.yellow	5.25	red,m.c.p
						B _{sc2}	75-115	c	v.p.brown	5.75	red,m.c.p
						A _h	0-4	c	v.p.brown	5.5	-
						B	4-22	cl	v.p.brown	5	-
F2	PaSp	23	60	A _h	0-40	c	v.d.grey	7	-		
				B	40-60	l	d.y.brown	6	-		
				15	109	A _h	0-9	c	brown	6	-
						A _{sc}	19-49	c	g.brown	5	y.red,f.f.f.c
						B _{sc}	49-79	sc	brown	5.5	y.red,c.f.c.d
F3	PoMi	7	100	B _c	79-89	c	brown	5	s.brown,c.f.dc		
				B	89-109	sc	y.brown	5.5	-		
				43	105	A	0-16	sil	b.yellow	4.5	-
						B _{sc1}	16-52	cl	b.yellow	5	red,c.m.p
						B _{sc1}	52-80	c	r.yellow	5.25	red,c.m.d
B _{sc3}	80-92	cl	r.yellow			6.75	red,c.m.d				
28	40+	56	?	A	0-26	c	d.g.brown	5.5	-		
				B	26-100	cl	b.yellow	7	(n.geprot.)		
				B _{sc1}	10-40	c	l.gray	5	,m.m.p		
56	?	A	0-?	sic	l.grey	4.5	-				

Betekenis van de afkortingen: LE landschapseenheid, veg. vegetatie, opn. opname.

(1) si silt, sic siltige klei, sil siltige leem, l leem, sl zandige leem, scl zandige klei leem, cl kleilige leem, ls lemig zand, s zand, sc zandige klei, c klei, s.gr licht grinderig, v.gr zeer grinderig, gr grinderig.

(2) l light, y yellowish, d dark, g greyish, v very, s strong, p pale, br brown, r reddish.

(3) 1. abundance: f few, c common, m many, 2. size: f fine, m medium, c coarse,

3. contrast f faint, d distinct, p prominent, 4. sharpness of mottle boundaries s sharp, c clear, d diffuse.

Tabel 5: Enige eigenschappen van de opnamen geordend per landschapseenheid.

LE	opa.	veg. type	struct	moeder gest.	rel. type	hel. %	term.	bodem en water			versnelde erosie	
								drai- nage	run off	fl. (7)		
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
C	42	GbEe	Bd	gran	r	10	+	se	vr	geen	s	low
	53	GbEe	B	lat	sd	30	-	se	vr	geen	s	severe
	20	GbEa	G(b)	lat	u	3	-	g	vr	geen	s	moderate
	29	IgLt	B	lat	af	4	+	se	r	geen	s	low
	21	MsEe	WB	lat	u	1	++	se	s	geen	s	low
P11	55	IgLt	BG	gran	af	2	+	se	m	geen	s	v.low
	47	MsEe	WB	lat	vf	<1	++	se	m	geen	geen	
P12	33	CtPt	G		vf	<1	-	well	m	geen	geen	
	40	CtPt	G		af	1	-	well	m	geen	s	v.low
	14	EtZg	G		vf		-	well	m	geen	geen	
P13	36	MsEe	BG		vf	<1	+	
	48	ApPp	Bd		vf	<1	+	well	m	geen	geen	
Pm1	37	MsEe	B	lat	af	2	++	well	m	geen	s	v.low
	22	MsEe	B	lat	vf	<1	++	
	30	MsEe	Bd		u	2	+	se	r	geen	s	low
	57	SvPp	G	lat	af	1	+	w	r	geen	s	moderate
Pm2	60	SvPp	W		vf	<1	++	well	s	geen	s	v.low
	59	SvPp	WB		vf	<1	+	well	m	geen	s	v.low
Pd1	35	IgLt	BG	lat		2	++	se	m	geen	geen	
	32	IgLt	BG	lat	af	1	+	i	m	geen	s	v.low
	11	IgLt	BG	lat	vf	1	++	se	m	geen	s	.
	19	IgLt	WG	lat	af	1	+	se	m	geen	s	v.low
	9	IgLt	BG	lat	af	2	+	se	m	geen	s	low
	10	IgLt	WB	lat	af	1	+	se	m	geen	geen	
	49	ApPp	BG	gran	vf	<1	++	mw	m	geen	geen	
	12	SvPp	WB	gran	vf		+	mw	s	geen	geen	
Pd2	2	KsCm	WBd		vf	<1	-	mw	m	geen	geen	
Sd1	38	IgLt	BG		u	4	+	w	m/p	f.i	s	v.low
	51	IgLt	BG	lat	af	2	++	i	m	geen	geen	
	16	IgLt	BG		u	3	+	mw	r	geen	s/r	
Sd2	50	ApPp	BG		af	1	++	mw	m	geen	geen	
	44	ApPp	B	lat	u	3	++	w	r	geen	s	low
	45	IgLt	B	lat	af	1	++	se	m	geen	s	moderate
Sd3a	3	B1Da	Bd		af	2	+	mw	m	geen	geen	
	5	B1Da	Bd		af	2	-	mw	m	geen	s	v.low
Sd3b	6	KsCm	B		af	2	+	w	m	geen	s	v.low
Sm	25	MsEe	B		af	1	+					
	31	MsEe	BG	lat	af	1	+	se	vr	geen	s/r	moderate
	58	MsEe	B	lat	af	2	++	se	r	geen	s	moderate
	24	MsEe	Bd		af	1	++	se	m	geen	s	low
	54	SvPp	Bd	lat	af	1	.					
S12	41	CtPt	G	gran	af	2	-	mw	m	f.i	s	v.low
	46	CtPt	G		af	1	-	w	m	geen	geen	
	34	EtZg	G		u	2	-					

Tabel 5: (vervolg)

LE	opn.	veg. type	struct	moeder gest.	rel. type %	hel. term.	bodem en water			versnelde erosie		
							drai- nage	run off	fl.	type	int.	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
S12	39	EtZg	G		af	2	-	w	m	geen	geen	
	27	SvPp	B		af	2	-	mw	m	geen	geen	
Sw	26	B1Da	G		af	2	++	se	r	geen	s/r	moderate
	13	B1Da	BG		af	1	++	se	v.r	geen	s/r	moderate
	8	B1Da	B		af	2	-	se	r	geen	s/r	moderate
	18	GbEe	WB		vf	1	+	w	s	geen	geen	
	17	GbEe	BG	lat	af	3	-	w	m	geen	s	
	52	ApPp	BG	lat	af	2	-	mw	r	geen	s	strong
F1	1	KsCm	Wd	all	vf	1	-	i	v.s	f.i	geen	
	4	KsCm	WBt	all	af	<1	-	mw	v.s	f.i	geen	
F2	23	PaSp	G	all	af	3	-	i	v.s	f.i	g	low
	15	PaSp	G	all	af	2	-	i	p	f.i	geen	
	43	PaSp	G	all	vf	1	-	i	v.s	f.i	geen	
F3	7	PoMi	G	all	vf	<1	-	mw	m	f.i	geen	
	56	PoMi	Bd	all	vf	<1	-	w	p	f.i	geen	
	28	PoMi	BG	all	vf	<1	-	p	p	f.i	geen	

Verklaring van de afkortingen: LE landschapseenheden, opn. opname, struct structuur, gest. gesteente, rel. relief, hel. hellingen, term. termietenheuvels, fl. flooding, int. intensiteit.

(1) zie figuur 16

(2) gran graniet, lat lateriet, all alluvium

(3) sd steeply dissected, r rolling, u undulating, af almost flat, vf very flat

(4) - niet voorkomend, + voorkomend, ++ zeer veel voorkomend

(5) se somewhat excessively drained, w well drained, mw moderately well drained, i imperfectly drained, p poorly drained.

(6) p ponded, s slow, m medium, r rapid, vr very rapid.

(7) fi frequent onregelmatig.

(8) s sheet, r rill, g gully.

(9) v. very.

III. 4. 3. Bodemvariatie

De bodemvariatie in West Afrikaanse bodems is een bekend verschijnsel (Stoop, 1987). Natuurlijke processen zoals verschillende bodemvocht regimes geassocieerd met een verschillende positie in de toposequentie kunnen systematische patronen in de bodem variatie vertonen, evenals menselijke activiteit. De variatie in dichtheid van de kruidlaag binnen enkele meters lijkt een variabiliteit in de bodem te indiceren (en misschien te induceren) op een micro schaal. Rond bomen of struiken werd vaak een dichte kruidlaag bedekking aangetroffen terwijl dan op enkele meters afstand van de boom of struik nauwelijks een kruidlaag aanwezig was (eigen waarneming). Vaak leek dit gecorreleerd te zijn met een dunne laag donkergekleurde, waarschijnlijk opgeslibde grond. In mais of sorghum akkers waren vooral in het begin van het seizoen binnen enkele meters grote verschillen zichtbaar in de hoogte van het gewas (eigen waarneming). Dit zou gecorreleerd kunnen zijn met de plekken waar zich vroeger termietenheuvels bevonden (soms te zien als okerkleurige, lemige cirkels in de akkers). Stoop (1987)

patroon gecreëerd. Hierbij neemt de bodemvruchtbaarheid geleidelijk af met de toenemende afstand tot de nederzettingen. De lokale boer gebruikt deze bodemvariatie door verschillende gewassen en mengculturen te verbouwen op verschillende landtypen (Stoop, 1987).

III. 4. 4. Termieten

Termietenheuvels vormen een van de meest karakteristieke eigenschappen van de West-Afrikaanse savanne (Kowal & Kassam, 1978). Ook in het veldwerk gebied komen ze veelvuldig voor. Bij het maken van de opnames is tevens gelet op de mate van voorkomen (Tabel 5). Er werden twee soorten heuvels onderscheiden: grote (+100 à 200 cm hoge), gele, conische heuvels en kleine (+50 cm hoge) grijsbruine, cilindrische termietenheuvels. De laatste worden waarschijnlijk bewoond door *Trinervitermes* sp. terwijl de eerste bewoond worden door *Macrotermes bellicosus* (Kowal en Kassam, 1978; Roose, 1978). De grijsbruine heuvels komen het meest algemeen voor. De gele heuvels hebben vaak een onbegroeid stuk grond met een straal van +20 m om zich heen. Dit zou een gevolg kunnen zijn van korstvorming door van de heuvel gespoelde grond, gegevens hierover zijn echter niet bekend. Deze heuvels met hun omliggende onbegroeide bodem zijn zeer goed zichtbaar op de luchtfoto's. Het voorkomen van termietenheuvels weerspiegelt bepaalde bodemeigenschappen (Penning de Vries & Djiteye, 1982). Daarom is het voorkomen van termietenheuvels als een van de belangrijkste onderscheidings criteria bij het interpreteren van de luchtfoto's gebruikt.

Afgezien van enkele landschapseenheden kwamen in de meeste eenheden termietenheuvels in meer of mindere mate voor (Tabel 5). In de Bas-fonds (F1, F2, F3) komen ze helemaal niet voor. Vanwege de overstromingen in de regentijd is het leefmilieu daar voor hen waarschijnlijk te vochtig. Ook op de voor landbouw in gebruik zijnde gronden (P12 en S12) komen ze niet voor. Waarschijnlijk wordt de grond hier te regelmatig omgewoeld om vestiging van met name de grijsbruine heuvels mogelijk te maken. Rond de gele heuvels wordt de grond meestal niet verbouwd. Vaak worden deze plekken, wanneer ze liggen in een landbouw gebied, gebruikt om bepaalde geoogste gewassen op te drogen. Voor de verbouw van gewassen zijn deze gronden waarschijnlijk te compact en te gevoelig voor dichtslaan na een eventuele bewerking. Ze vertonen veel overeenkomst met de gronden van eenheid Sw. Op de ondiepe bodems van C is het voorkomen van termietenheuvels wisselend. Soms komen de grijsbruine heuvels in grote dichtheden voor samen met gangen op het oppervlak (opname 21). In een ander geval is de bodemlaag zo dun (opname 20) dat vestiging van onderaardse gangen en dus van termietenheuvels niet mogelijk is.

Termieten spelen een belangrijke rol bij de mate van infiltratie, humificatie en het ontwikkelen van de horizonten (Roose, 1978). Roose heeft een aantal karakteristieken gemeten in termietenheuvels en in de omringende grond. Het gehalte aan C, N, P en vooral K in de heuvels is veel hoger dan in de omringende bodems. Dit duidt erop dat de termieten hun materiaal halen uit de omringende bodems (vooral uit de bovenste lagen daarvan). Op deze termietenheuvels kunnen vanwege de hoge nutriënten gehalten verschillende soorten groeien. Daarnaast kunnen ze ook dienen als zoutlik voor huis- en wilde dieren (van Wijngaarden, 1983).

III. 4. 5. Bodemerosie

Tussen de 900 en 350 mm isohyete neemt naast de dominerende watererosie de wind erosie in belang toe. Toenemende ariditeit samen met licht zandige bodems zijn zeer goede omstandigheden voor wind erosie (Kowal & Kassam, 1978). Er wordt van versnelde bodemerosie gesproken als de natuurlijke condities zijn verstoord door een toenemende menselijke activiteit. Twee belangrijke factoren van bodemerosie zijn de erosiviteit van de regen en de erodeerbaarheid van de bodem. De potentiële mogelijkheid van regen in de savanne om erosie te veroorzaken is hoog vanwege de hoge kinetische energie lading van de buien naast de hoge intensiteit en het grote volume van de buien. De gevoeligheid van de bodems voor erosie is eveneens hoog vanwege de lage organische materiaal gehalten, de onstabiele bodemstructuur en de zandige textuur van de bodems. Factoren die de grootte van de versnelde erosie beïnvloeden zijn regenval, bodemtextuur, hellingsgradiënt, hellings lengte, gewasbedekking en landvorm (ruwheid van het bodemoppervlak) (Kowal en Kassam, 1978). Tijdens het veldwerk is van de directe omgeving van de vegetatie opnamen en bodemprofielen genoteerd of er aanwijzingen waren voor een versnelde verwijdering of depositie van materiaal als gevolg van erosie processen (Tabel 5). Naast de enigszins subjectieve omschrijving van de mate van erosie is ook het type van erosie geprotocolleerd. Wanneer er erosie werd geconstateerd betrof het meestal sheet erosie (drainage kanalen zijn afwezig) van een lage of erg lage intensiteit. Op een aantal hellingen, vooral van Sw, is ook rill erosie (drainage kanalen < 50

cm diep) aangetroffen. De in het veldwerkgebied aangetroffen, maar niet geprotocolleerde, ernstige vormen van rill en gully erosie (drainage kanalen 50-300 cm diep) werden ook vrijwel altijd aangetroffen op de eenheid Sw. Hellinggradiënt en vegetatiebedekking zullen de belangrijkste factoren zijn bij de hogere erosie intensiteit op de hellingen. De landschapseenheden waarop gewassen verbouwd worden (P12, P13 en S12) vertonen, volgens de hier gevolgde protocoleer wijze, weinig kenmerken van erosie. De hellingen Sd3 en Sw zijn geomorfologisch zeer goed vergelijkbaar. De belangrijkste factor die de verschillen (zichtbaar aan de vegetatie verschillen) veroorzaakt heeft is waarschijnlijk de bescherming van het BdB (Sd3) sinds 1953. Beide bodems zijn ondiep en vertonen korstvorming.

III. 5. Vegetatie

In het voorgaande is aandacht geschonken aan de voor de plantengroei belangrijke aspecten van het landschap. Hier zal nader ingegaan worden op de vegetatie. Achtereenvolgens zal aandacht besteed worden aan de vegetatie compositie en de vegetatie structuur.

III. 5. 1. Vegetatiecompositie

De in 60 opnames verzamelde 247 soorten zijn geordend in een matrix waarbij plantensoorten (rijen) tegen opnames (kolommen) zijn uitgezet. Volgens de door Mueller-Dombois en Ellenberg (1974) beschreven tabellatie methode is er een ordening aangebracht. Hiervoor is het computer programma VEGROW (Fresco, 1987) gebruikt. Allereerst werd m.b.v. CORAN (correspondentie analyse volgens reciprocal averaging) een tabellatie verkregen.

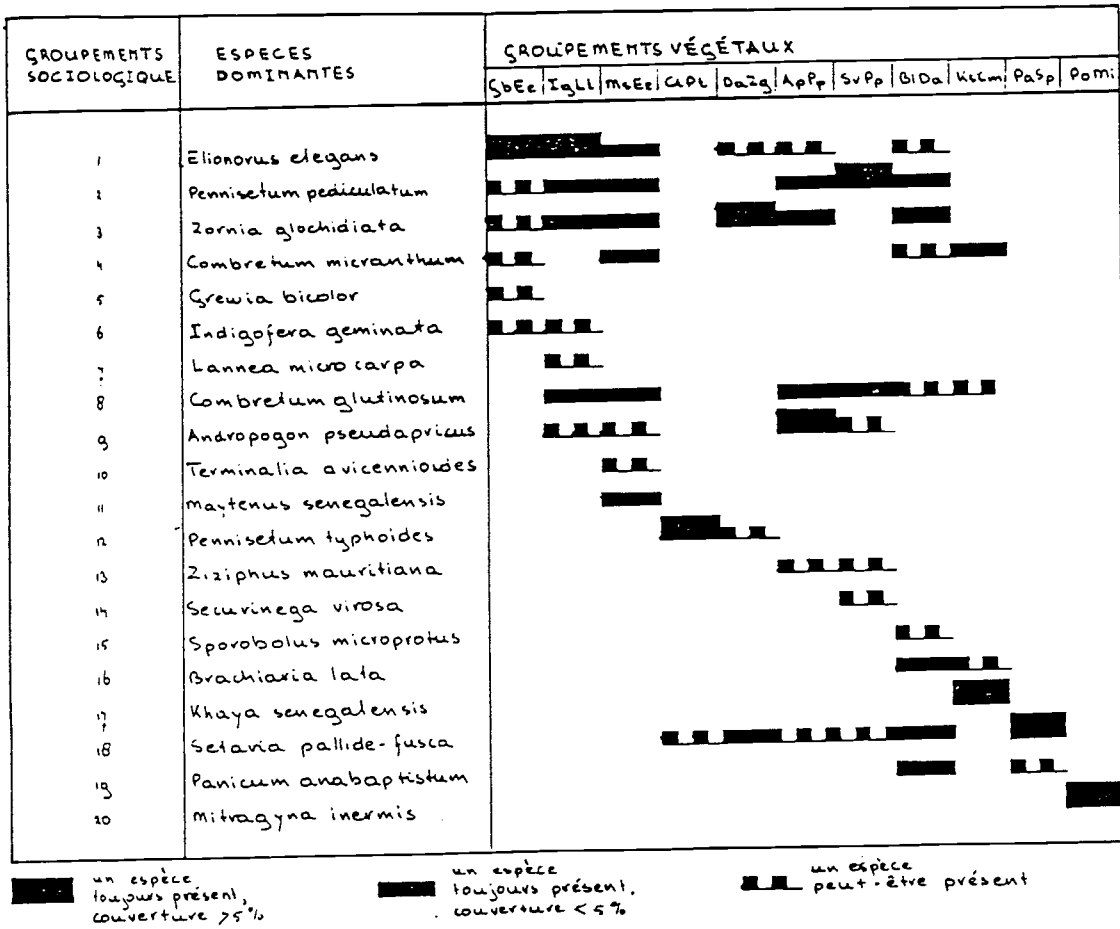
Met behulp van TREES (een clustering) werd deze tabellatie verder bijgesteld. Tenslotte werd met de hand de verkregen tabellatie

herordend om de plantengemeenschappen te rangschikken volgens hun geomorfologische ligging (Bijlage 2). Soorten die minder dan drie keer voorkomen tenzij met een bedekking van $\geq 10\%$ zijn buiten de tabellatie gelaten.

De fyto-sociologische staafdiagram (Figuur 9) geeft in een gecomprimeerde vorm de vegetatie tabel weer. Het voorkomen van een sociologische soorten groep is weergegeven met een staaf. Uit Bijlage 2 en Figuur 9 blijkt dat enkele sociologische groepen in bijna alle plantengemeenschappen vertegenwoordigd zijn. Het betreft hier de *Pennisetum pediculatum* groep, de *Zornia glochidiata* groep en de *Combretum glutinosum* groep en in iets mindere mate de *Eleonorus elegans* groep. Het over zo'n breed gebied voorkomen van enkele sociologische soorten groepen komt sterk overeen met de uitkomsten van een onderzoek in Mali in een gebied met een overeenkomende jaarlijkse neerslag (van Wijngaarden, 1983). Daar is eveneens een groep aangetroffen, waarin *Combretum glutinosum* een belangrijke rol speelt, die over een brede reeks van plantengemeenschappen voorkomt. Dit geeft aan het landschap bij een eerste aanblik een enigszins monotoon uiterlijk. Enkele andere sociologische groepen komen slechts in een of enkele gemeenschappen voor. Zo beperkt de *Mitragyna inermis* groep zich tot plantengemeenschap PoMi. De *Khaya senegalensis* groep beperkt zich tot plantengemeenschap KsCm (het vloedbos en plateau gedeelte van het Bois de Barrage).

Er zijn nog meer overeenkomsten met het eerder genoemde onderzoek in Mali (mond. med. W. van Wijngaarden). Enkele soorten komen op soortgelijke bodems en onder soortgelijke milieu omstandigheden voor als in Mali. Zo komt *Indigofera geminata* voor op ondiep lateriet (o.a. in de landschapseenheden C, P11, Pd1 en Sd1) en *Andropogon gayanus* op de wat diepere gronden (o.a. op Pm2 en Sm). *Mitragyna inermis* beperkt zich tot het lage, vochtige en slecht gedraineerde deel van de bas-fonds (F3).

Figuur 9: Fytosociologische staafdiagram van de vegetatie in het onderzoeksgebied.

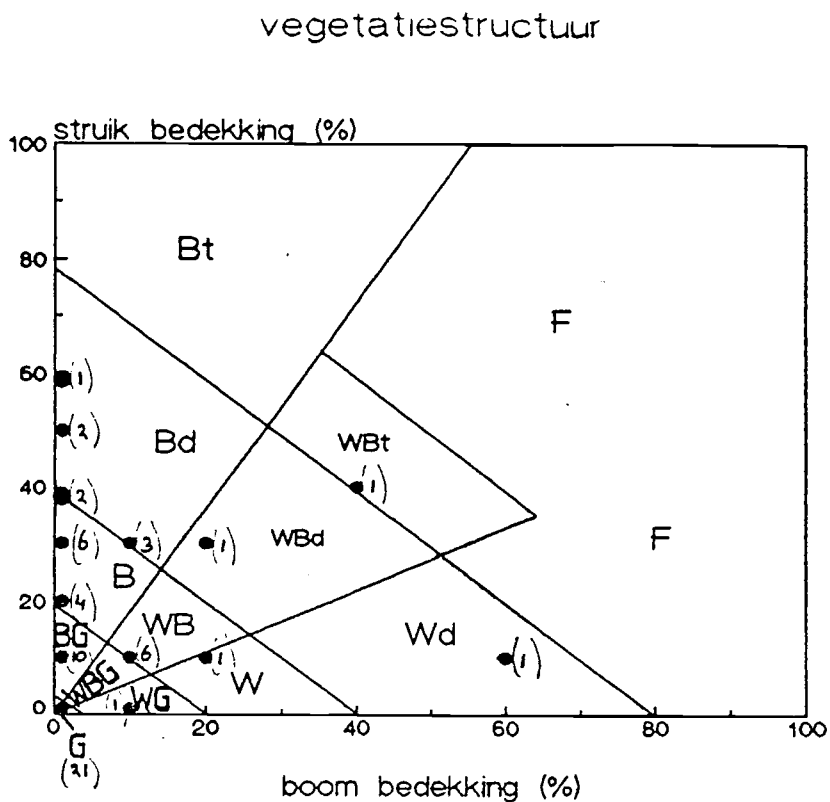


III. 5. 2. Vegetatiestructuur

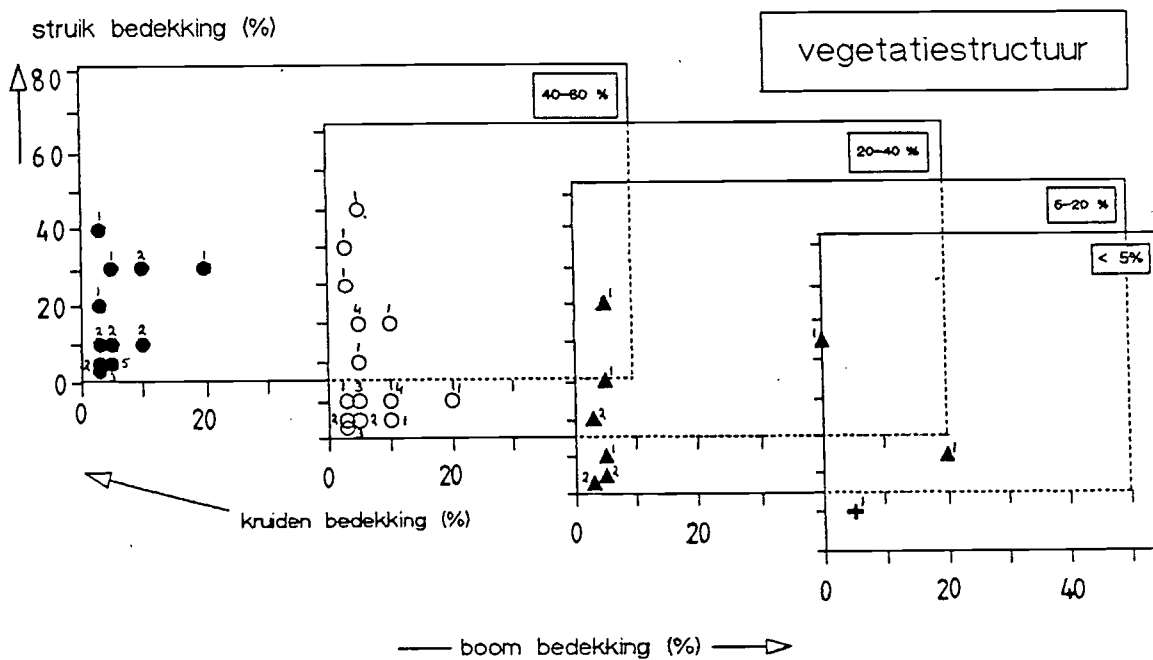
Naast compositie is structuur een belangrijk aspect van vegetatiemorfologie. Structuur en compositie correleren gewoonlijk niet in rangelandgebieden (van Gils en van Wijngaarden, 1984). Vegetaties met een verschillende compositie zouden een identieke structuur kunnen vertonen en omgekeerd. De vegetatiestructuur is een belangrijke bron van land informatie op luchtfoto's (van Gils en van Wijngaarden, 1984). Op basis van veel veldonderzoek op reconnaissance en semi-detailed schaal is een structuur typificatie ontwikkeld. Hierbij worden de twee meest opvallende aspecten van vegetaties die zichtbaar zijn op luchtfoto's gebruikt. Dit zijn de bedekking door de houtige component (klassen 0-2, 2-20, 20-40, 40-80 %) en de horizontale gelaagdheid (hogere stratum dominant, hogere en lagere stratum bijna gelijke bedekking en lagere stratum dominant). Dit principe is na o.a. veldwerk in Mali (van Wijngaarden, 1983) en Tanzania (Loth en Prins, 1986) aangepast en heeft de in Figuur 10 weergegeven typificatie opgeleverd. In dit onderzoek is deze voor savanne vegetaties geschikte typificatie gebruikt. In Figuur 10 zijn tevens de opnamen geplot waarmee een beeld gegeven wordt van de in het onderzoeksgebied voorkomende structuur types. Het algemene beeld dat uit deze classificatie te halen valt is dat van een struiksavanne met enige bomen. De vegetatieopnamen hebben een struik bedekking tussen de 0% en de 60%, terwijl de boombedekking op een enkele uitzondering na ligt tussen de 0% en de 20 %. Alleen in opname 1 en 4 is het bomenaandeel $\geq 40\%$. De meest voorkomende categorieën zijn B, BG en G. M.b.v. de verzamelde structuur gegevens kunnen de foto's geherinterpreteerd worden en kan op de landschapseenheden kaart naast de vegetatie compositie de vegetatie structuur aangegeven worden. Bij deze typificatie wordt geen rekening gehouden met de grascomponent van de vegetatie. Het is namelijk moeilijk om van luchtfoto's (waarvoor deze typificatie is ontwikkeld) grasbedekkingen te schatten. Tijdens het veldwerk bleek echter dat de grasbedekking sterk kan variëren binnen eenzelfde houtige klasse. Daarom is op basis van de verzamelde bedekkingspercentages een typificatie ontwikkeld voor zowel gras, struiken als bomen bedekking (Figuur 11). De grascomponent is daarbij op basis van bedekking opgedeeld in vier categorieën. De struiken component samen met die van de grassen vormen de belangrijkste aspecten van de vegetatie-structuur in het onderzoeksgebied.

De typificatie van Figuur 10 is zeer bruikbaar om m.b.v. luchtfoto's de vegetatiestructuur te karteren. Hoewel de typificatie van Figuur 11 niet bruikbaar is bij het karteren van structuur met luchtfoto's geeft ze wel een beter beeld van de vegetatiestructuur. Het in het veld gekonstateerde verschil in grasbedekking bij gelijke houtige component kan er goed mee geïllustreerd worden. Deze typificatie kan verder een rol spelen bij 'rangeland resource' en 'erosion hazard' inventarisaties (b.v. grasbedekking in relatie tot erosiegevoeligheid).

Figuur 10: Structuur classificatie (naar: Loth en Prins,1986). Uitgezet zijn de opnamen waarbij tussen haakjes het aantal opnamen per punt is aangegeven.



Figuur 11: Structuur classificatie waarin naast bomen en struiken tevens de kruiden bedekking is uitgezet. De vegetatie opnamen zijn in de figuur geplot, de getallen geven het aantal opnamen per punt aan.



III. 6. 2. Landschapseenheden

De hiërarchische opbouw van de legenda geeft een beeld van de opbouw van het landschap. Hieronder wordt per onderscheiden landschapseenheid een korte karakterisering gegeven op basis van vegetatie en fysische eigenschappen.

III. 6. 2. 1. Collines

Een in het oog springend onderdeel van van het landschap wordt gevormd door de lateriet of graniet heuvels. Deze landschapseenheden (eenheid C) steken tot enige tientallen meters boven het plateau uit. Vanwege de doorgaans steile randen zijn ze moeilijk toegankelijk. De bodems zijn zeer ondiep. De plantengemeenschap *Grewia bicolor* - *Eleonorus elegans* (GbEe) is het meest algemeen. Daarnaast komen *Indigofera geminata* - *Loudetia togoensis* (IgLt) en *Maytenus senegalensis* - *Eleonorus elegans* (MsEe) ook voor. De steilwand rond de Colline wijkt qua terrein vorm sterk af van de bovenkant. De vegetatie komt echter wel overeen (*Grewia bicolor* - *Eleonorus elegans* (GbEe)). De landschapseenheid C omvat zowel de steilwand als de bovenkant van de heuvel. Vanwege zijn geringe oppervlak is de steilwand namelijk niet apart karteerbaar.

III. 6. 2. 2. Plateau

Het overgrote deel van het veldwerkgebied wordt in beslag genomen door het Plateau (P). De hellingen zijn zwak (<1-2%) en het relief type is vlak tot bijna vlak. Het plateau kan op grond van het landgebruik, vegetatiebedekking en het voorkomen van termietenheuvels in een zevental eenheden onderverdeeld worden. De in het huidige verweringsvlak (Plateau) gelegen laterietgrind vlaktes behoren tot eenheid P11. Ze hebben zeer ondiepe grunderige bodems (+ 30 cm diep) met een enkele grote termietenhoop en enige tot veel kleine grijze. In veel gevallen komt P11 voor in de buurt van de Colline. De *Maytenus senegalensis* - *Eleonorus elegans* en *Indigofera geminata* - *Loudetia togoensis* gemeenschap worden aan getroffen met een struik grasland (BG) of een bebost struikgewas (WB) vegetatie-structuur. Cultuurgronden met daarop nederzettingen (P12) worden aangetroffen op goed gedraineerde diepe gronden met zandige tot zandige leem textuur. Opmerkelijk is daarbij het grunderig tot licht grunderig zijn van de bodems. Termietenheuvels ontbreken. De *Corchorus tridens* - *Pennisetum typhoides* gemeenschap (CtPt) geeft al aan dat het om cultuur gronden gaat. Daarnaast komt *Eragrostis tenella* - *Zornia glochidiata* met een grasland structuur ook voor. Het betreft dan cultuurgrond die uit bewerking is genomen (braakland, jachere).

De *Andropogon pseudapricus* - *Pennisetum pediculatum* (ApPp) komt voor in een sterk op P12 lijkende landschapseenheid (P13). Het is eveneens cultuurgrond en braakland met een goede drainage en diepe zandige of zandig lemige bodems. Daarbij is het voorkomen van enige grote gele termietenheuvels kenmerkend en ontbreekt bewoning doorgaans. Met de struik grasland tot dichte struikgewas structuur wijkt de eenheid eveneens af van P12.

Het voorkomen van termietenheuvels is evenals bij P13 kenmerkend voor de landschapseenheden Pm1 en Pm2. In Pm1 komen veel grote gele en kleine grijze termietenheuvels voor op matig diepe gronden. De hellingen zijn er iets steiler dan in de overige Plateau eenheden. Tevens zijn er sporen van sheet erosie zichtbaar. De vegetatie wordt bepaald door de *Maytenus senegalensis* - *Eleonorus elegans* gemeenschap (MsEe) met een struikgewas tot dicht struikgewas structuur.

In de meer bossige tot beboste struikgewas vegetatie met *Securinega virosa* - *Pennisetum pediculatum* gemeenschap (SvPp) van landschapseenheid Pm2 komen termietenheuvels in iets minder grote dichtheden voor. De bodems zijn matig tot ondiep, hebben een lemige textuur en zijn goed gedraineerd. Ze vertonen verschijnselen van sheet erosie met een lage intensiteit. In enkele gedeeltes van Pm2 heeft aanplant van vooral *Eucalyptus camaldulensis* plaatsgevonden (eenheid Pm2a).

De natuurlijke vegetatie van eenheid Pd1 wordt vooral bepaald door het voorkomen van struiken. De structuur is dan ook hoofdzakelijk struik grasland en een enkele maal bebost struikgewas of een bebost grasland. Naast de voornamelijk voorkomende *Indigofera geminata* - *Loudetia togoensis* gemeenschap (IgLt) worden de *Andropogon pseudapricus* en *Securinega virosa* - *Pennisetum pediculatum* (SvPp) gemeenschappen ook aangetroffen. Het voorkomen van termietenheuvels beperkt zich naast enkele grote gele vooral tot het voorkomen van enkele tot veel kleine grijze heuvels. De matig diepe bodems hebben een grunderig oppervlak en vertonen in enkele gevallen sporen van sheet erosie. Ook in deze eenheid heeft op enkele plaatsen aanplant van bomen (Pd1a) plaatsgevonden.

Op een plek in het veldwerkgebied is de boom en struik laag zo dicht dat de kroonlaag gesloten tot bijna gesloten is, een dicht bebost struikgewas. Het gaat hier om het direct tegen Ouagadougou

aangelegen Bois de Barrage. De plantengemeenschap *Khaya senegalensis* - *Combretum micranthum* (KsCm) komt alleen voor in het Bois de Barrage. De aan de bovenkant van de naar de Massili aflopende helling gelegen landschapseenheid heeft een diepe lemige zandbodem.

III. 6. 2. 3. Helling

Het hoofdlandschap helling vormt de overgang van het plateau naar de vloedvlaktes. Daarnaast wordt ze ook aangetroffen rond de Collines. De meeste eenheden zijn sterk vergelijkbaar met eenheden op het plateau. Ze onderscheiden zich vooral door hun hellings percentage (1-4 %). Erosie in de vorm van sheet of rill erosie komt op de helling vrij algemeen voor. De zich op de helling bevindende landbouwgronden zijn nog in gebruik (*Corchorus tridens* - *Pennisetum typhoides* gemeenschap (CtPt)) of liggen braak (*Eragrostis tenella* - *Zornia glochidiata* (EtZg) en *Schoenfeldia gracilis* - *Pennisetum pediculatum* gemeenschap (SvPp)). In deze eenheden (SI2) wordt evenals in PI2 tevens bewoning aangetroffen. De structuur is overwegend grasland en een enkele keer struikgewas. Het volledig ontbreken van termietenheuvels komt eveneens overeen met PI2. De bodems zijn matig diep met een zandige, lemig zandige, kleiige of siltige textuur met enig bijgemengd grind.

Van eenheid SI1 zijn geen vegetatie en bodem gegevens bekend. De eenheid is onderscheiden op basis van verschillen met SI2 in vegetatie en bodem karakteristieken (voorkomen van grind vlaktes) zoals dat zichtbaar is op de luchtfoto's. Ze vertoont afgezien van de helling grote overeenkomst met PI1. Een eenheid met een golvend reliëf en een vrij sterke helling (2-4 %) is Sd1. De grote gele termietenheuvels komen er weinig op voor terwijl de kleine grijze vrij algemeen zijn. Sporen van begrazing worden vrij algemeen aangetroffen. De structuur van de voorkomende *Indigofera geminata* - *Loudetia togoensis* gemeenschap (IgLt) is een bebost grasland. De lemig zandige en zandig lemige bodems zijn matig diep. Evenals Pd1 is ook in de Sd1 eenheid op enkele plaatsen *Eucalyptus* aangeplant (Sd1). Veel kale grond afgewisseld met vlekken struikgewas en kruiden is kenmerkend voor Sd2 (*Andropogon pseudapricus* - *Pennisetum pediculatum* (ApPp) en *Indigofera geminata* - *Loudetia togoensis* gemeenschap (IgLt)). Dit veroorzaakt een struikgrasland of struikgewas structuur. De grote gele termietenheuvels komen in een matige dichtheid voor. De kleine grijze echter in veel grotere aantallen vergezeld van gangen op het oppervlak. Naast grazen bestaat het landgebruik uit verbouw van vooral millet op kleine veldjes. De geringe kruidenbedekking en de kale plekken zouden hun oorzaak kunnen hebben in de lemige, siltige of siltig lemige ondiepe bodems die erg gevoelig zijn voor korstvorming (dichtslaan). De in het Bois de Barrage gelegen eenheid Sd3 vertoont wat vegetatie samenstelling betreft overeenkomsten met Pd2 (*Khaya senegalensis* - *Combretum micranthum* (KsCm)). De onderkant van de helling vertoont wat de vegetatie samenstelling betreft grote overeenkomsten met Sw (*Brachiaria lata* - *Dactyloctenium aegyptiacum* gemeenschap (BlDa)). De vegetatiestructuur vertoont grote overeenkomsten met de andere landschapseenheden in het Bois de Barrage: een dichte bomen en struiken laag. In deze eenheid is het een struikgewas en dicht struikgewas structuur. De bodem is bovenaan de helling diep terwijl ze onderaan zeer hard en ondiep is.

De algemeen voorkomende grote gele termieten hopen in eenheid Sm hebben bij het wegeroderen een grote invloed op de bodem rondom de heuvels. Ze veroorzaken grote kale plekken. De kleine grijze heuvels komen in deze eenheid in grote dichtheden voor. Op de luchtfoto's zijn grote verschillen te constateren in dichtheden van de grote gele termietenheuvels en ook van hun gevolgen voor de bodem en de vegetatie. Dit is op de foto's zichtbaar in de vorm van kleine witte vlekken bij matige dichtheden tot uitgelopen witte vlekken bij grote dichtheden. De bodems zijn ondiep of matig diep en hebben een zandige of kleiige bodem. Ze vertonen matige sporen van sheet en rill erosie. De voorkomende plantengemeenschappen van vooral *Maytenus senegalensis* - *Eleonorus elegans* en *Securinega virosa* - *Pennisetum pediculatum* vertonen een vegetatiestructuur variërend van struikgrasland en struikgewas tot dicht struikgewas.

Langs de randen van de vloedvlaktes aan de onderkant van de helling komen kale okerkleurige (strong brown, brown, pale brown, yellowish brown) gronden voor (Sw). De bodems zijn ondiep tot diep en vanwege hun lemige textuur zeer gevoelig voor korstvorming. Sheet en rill erosie komen algemeen voor met een matige tot strenge intensiteit. De vegetatiestructuur is overwegend struikgewas (struikgewas, struikig grasland, bebost grasland en grasland) met vooral rond en onder de struiken een kruidenlaag. De plantengemeenschappen *Grewia bicolor* - *Eleonorus elegans* (GbEe) is ook kenmerkend voor C. De *Brachiaria lata* - *Dactyloctenium aegyptiacum* (BlDa) is eveneens karakteristiek voor Sw daarnaast komt ook *Andropogon pseudapricus* - *Pennisetum pediculatum* (ApPp) voor. Termieten hopen komen niet of in kleine aantallen, soms met gangen op het oppervlak, voor.

III. 6. 2. 4. Riviervlakte

Het enige oeverbos in het veldwerk gebied is aangetroffen in het Bois de Barrage (F1). Enkele uren tot enkel dagen na een regenbui was het gebied geïnundeerd. De invloed van de vlakbij gelegen barrage was daarbij sterk merkbaar. De lage delen van het Bois de Barrage vormen namelijk een overloop voor de barrage. De vegetatie (*Khaya senegalensis* - *Combretum micranthum* (KsCm)) komt overeen met die van de bovenkant helling en het plateau in het Bois de Barrage. De structuur is dicht 'woodland' en dicht bebost struikgewas. Termieten komen er vanwege het onregelmatig frequent inunderen niet voor. De kleiige bodems zijn diep en vertonen onderin het profiel veel mottling (tekenen van een wisselend waterpeil door het jaar heen).

De smalle bovenlopen van de rivieren en ook de bovenrand van de brede vloedvlaktes hebben een door *Panicum anabaptistum* - *Setaria palide fusca* (PaSp) gedomineerde vegetatie met een grasland vegetatiestructuur. Termietenheuvels ontbreken ook hier. Deze bodems zijn evenals F1 kleiig en diep. Het verschil met F3 wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het minder langdurig en minder frequent inunderen. *Paspalum orbiculare* - *Mitragyna inermis* (PoMi) is de dominerende plantengemeenschap. Deze heeft een grasland, struikgewas structuur. Deze eenheid komt voor in de brede vloedvlaktes, direct aan de rivierbedding.

Tabel 7: Karakteristieken van bodemprofielen (0-30 cm) gelegen in de buurt van de plekken waar voor de bioassay grond verzameld is.

landschap	opn.	hor.	diepte	textuur	kleur	pH
Bois de Barrage						
Bas-fond	4	A _b	0-4	klei	v.p.brown	5.5
		B	4-22	kleiïg-leem	v.p.brown	5
Pente-bas	3	A _b	0-5	lemig-zand	v.p.brown	5.75
		B _{tx}	5-28	leem	yellow	7
Pente-haute	6	B	0-25	zandig-leem	yellow	4.5
Plateau	2	A _b	0-16	lemig-zand	v.p.brown	5
		B	16-93	leem	b.yellow	4.5
Nioko II						
landschap	opn.	hor.	diepte	textuur	kleur	pH
Bas-fond	7	A	0-26	klei	d.g.brown	5.5
Pente-bas	8	A	0-6	lemig-zand	l.y.brown	5.5
		B _t	6-22	siltig-leem	y.brown	5.0
Pente-haute	-	-	-	zandig-leem	-	-
Plateau	10	A	0-10	zandig-leem	g.brown	6.0
				v.gravelly		
		B _u	10-20	zandige-klei	brown	5.5
				gravelly		

opn. is opname, hor. is horizon, v. is very, p. is pale, b. is brownish, d. is dark, g. is greyish, l. is light, y. is yellowish.

Tabel 8: Fysische karakteristieken van het terrein op de plaatsen waar grond verzameld is voor de bioassay.

landschap (opname)	bodem drainage	run off	flooding	versnelde erosie	relief	helling
Bois de Barrage						
Bas-fond (4)	imp.	z.langz.	freq.irr.	geen	z.vlak	recht
Pente bas (3)	m.goed	gem.	geen	geen	b.vlak	recht
Pente haute (6)	goed	gem.	geen	sheet z.laag	b.vlak	recht
Plateau (2)	goed	langz.	geen	geen	z.vlak	recht
Nioko II						
Bas-fond (7)	m.goed	gem.	freq.onr.	geen	z.vlak	recht
Pente bas (8)	e.exc.	snel	geen	sheet/rill matig	b.vlak	recht
Pente haute (-)	e.exc.	snel	geen	sheet/rill matig	b.vlak	recht
Plateau (10)	e.exc.	gem.	geen	geen	b.vlak	recht

imp. is imperfect, z. is zeer, langz. is langzaam, freq.onr. is frequent onregelmatig, m. matig, b. is bijna, e.exc. is enigszins excessief, gem. is gemiddeld.

IV. EXPERIMENTEN

Twee voor de plantengroei belangrijke bodem aspecten zijn de beschikbaarheid van water en nutriënten. Uit het PPS rapport (Penning de Vries en Djiteye, 1982) kwam naar voren dat naast water de beschikbaarheid van de nutriënten N en P een belangrijke rol spelen in het Sahel ecosysteem. Om de rol van de bovengenoemde aspecten na te gaan in het gebied rond Ouagadougou zijn metingen verricht om de waterbeschikbaarheid in de bodem vast te stellen. Tevens is een bioassay uitgevoerd.

IV. 1. Bioassay

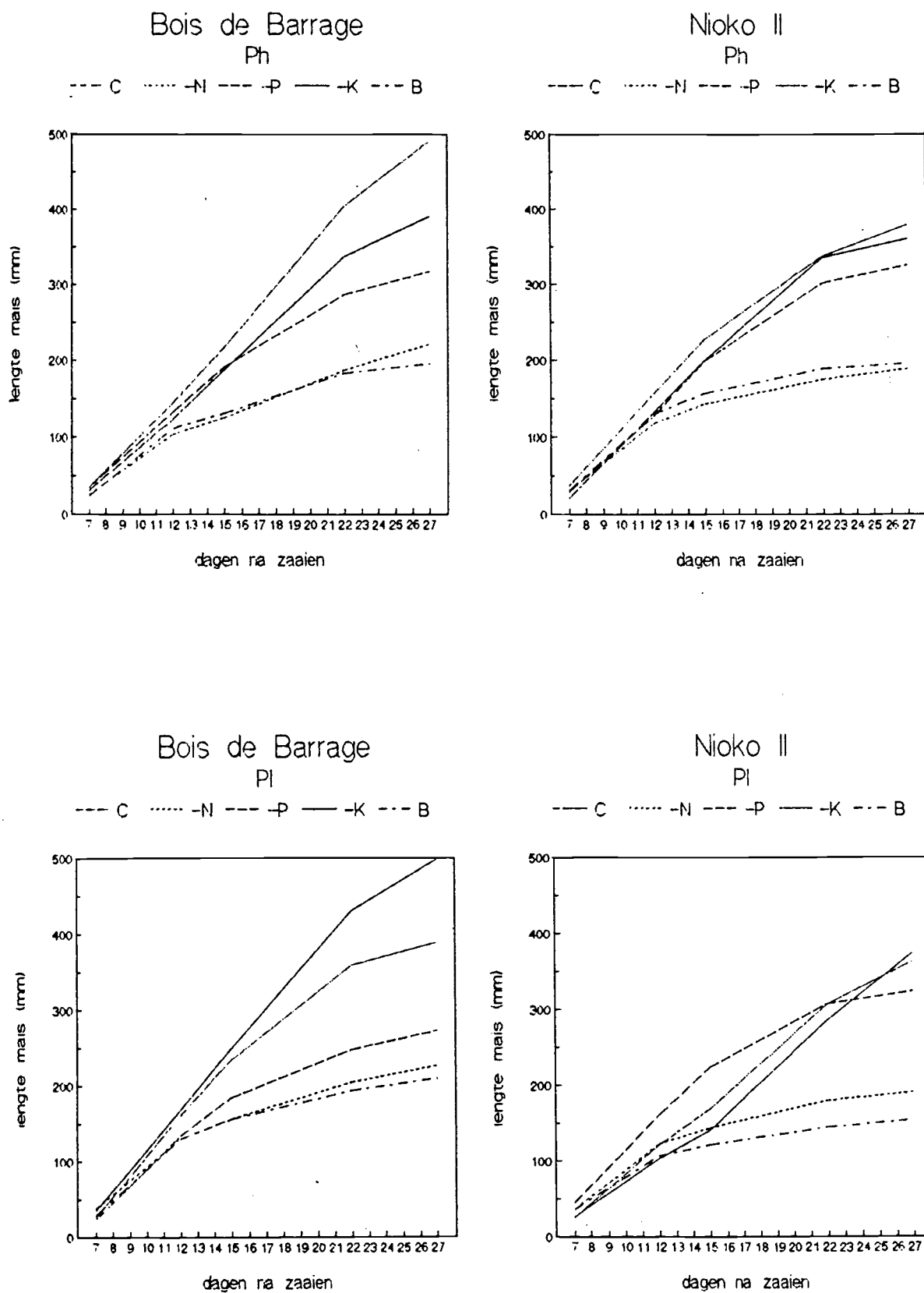
In dit onderzoek is met een bioassay (Bouma Janssen Potproef, Pegtel, 1987) gekeken naar welke nutriënten (N, P en K) beperkend zijn voor de groei van mais op een achttal verschillende bodemtypes. Van een tweetal locaties zijn op vier plaatsen van de eerste 20 cm van de bodem monsters gestoken (Tabel 7 en 8). De twee locaties waren het Bois de Barrage en het in de buurt daarvan gelegen Nioko II, een intensief gebruikt landbouwgebied. Op beide locaties werden monsters gestoken in het Bas-fond (Bf), de onderkant van de helling (Pb), de bovenkant van de helling (Ph) en op het plateau (Pl). Iedere bodem werd op een vijftal verschillende voedings-oplossingen gezet. Naast een complete voedingsoplossing en een blanco (gedestilleerd water) waren dit oplossingen waarin het aan N, P en K ontbrak (Meyer en Anderson, 1946). Vervolgens zijn er per pot 13 maiszaden gezaaid (type Jaune Flint). Mais is een voedselgewas rond Ouagadougou. Het is een gewas dat veel nutriënten nodig heeft en een onvertakte groeiwijze heeft zodat gemakkelijk de groei gemeten kan worden. Dagelijks werd per pot + 150 mm gedestilleerd water gegeven. Een uitgebreide materiaal en methode is bijgevoegd in Bijlage 5. Uit de groeicurves (Figuur 12) zowel als uit de biomassa curves (Figuur 13) komt een duidelijk verschil naar voren tussen de blanco en minus N oplossingen en de complete en minus K oplossingen. Terwijl de minus P oplossingen tussen deze twee groepen inzitten.

De onderzochte bodems lijken sterk deficient aan N, iets minder aan P, terwijl K het minst deficient is in de bodems. Daarnaast is het verschil in biomassa tussen de Complete en Blanco oplossingen zeer groot. De potentiële produktie onder bemesting lijkt dus veel groter te zijn dan zonder. Hoewel dit experiment niet in duplo is uitgevoerd zijn de uitkomsten zeer illustratief. In het PPS rapport (Penning de Vries en Djiteye, 1982) wordt o.a. gesteld dat in de Sahel (200-600 mm regenval), N en P de actuele produktie limiteren. Er moet verder opgemerkt worden dat de bodems verzameld zijn in december. Dat wil zeggen na het regenseizoen en voordat de regens begonnen zijn waarbij mineralisatie van de in de afgestorven vegetatie vastliggende nutriënten plaats kan vinden. Hetzelfde experiment met bodems verzameld na de eerste regens en voor het groeiseizoen op gang is gekomen zou een ander (beter) beeld kunnen geven van N en P in de bodem. Verder zal het voorkomen van een zware algengroei op alle Complete oplossingen en een iets minder zware algengroei op op een na alle minus K oplossingen het beeld ook verstoord hebben. Dit vanwege de concurrentie van algen en maisplanten om de nutriënten. Deze verstoring zorgt echter voor een lagere produktie van de maisplanten op de Complete en de minus K oplossingen. Verwacht mag dan worden dat bij het achterwege blijven van de algengroei de verschillen nog groter zullen worden.

Naast de verschillen binnen de bodems zijn er ook opmerkelijke verschillen tussen de locaties. Bij de Blanco oplossingen komen de groeicurves (Figuur 12) van N₂ lager (in een geval gelijk) uit dan die van het Bois de Barrage. Dit verschil zou toegeschreven kunnen worden aan een verschil in bodemvruchtbaarheid. Het verschil is versterkt aanwezig bij de bodems op Complete oplossingen. Misschien dat de maisplanten op de Bois de Barrage bodems een kiemings en/of groei voorsprong hebben waardoor ze eerder de voedingsoplossing bereiken en er dus langer gebruik van kunnen maken. Deze voorsprong zou veroorzaakt kunnen worden door de grotere hoeveelheid N en P, maar ook door de textuur van de bodems. Verwacht mag worden dat op de beschermde bodems van het Bois de Barrage het humus gehalte hoger zal zijn dan op de N₂ bodems. Dit effect van bodem structuur en textuur is terug te vinden in de opkomstpercentages (Figuur 14) van het maiszaad.

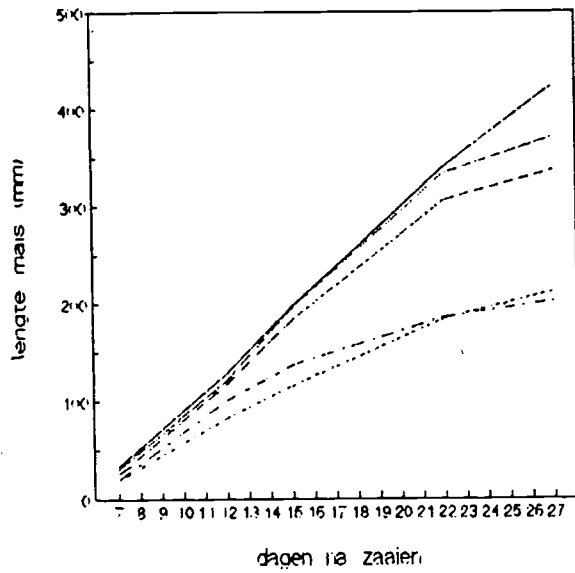
Op de Bf en Pb bodems van N₂ ligt het opkomst percentage aanzienlijk lager dan op de andere gronden. De biomassa geproduceerd op de bodems van het Bois de Barrage vertoont onderling ook sterke verschillen. De biomassa op Bf en Pl ligt hoger dan van Pb en Ph. Voor Bf komt dit overeen met de door Prins (1986) bepaalde waarden voor N, P en K in de bodem. De bodem in het basfond bevat de hoogste nutriëntengehaltes. Op N₂ is het verschil tussen de verschillende bodems gering, hoewel Pb en Ph daar juist iets hoger lijken te zijn dan Pl en Bf.

Figuur 12: Groeicurves van de mais op de verschillende bodems en voedingsoplossingen.



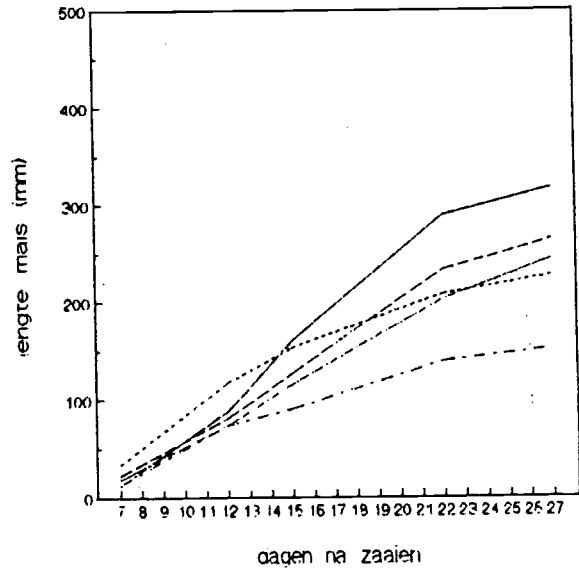
Bois de Barrage
Pb

--- C N --- P --- K --- B



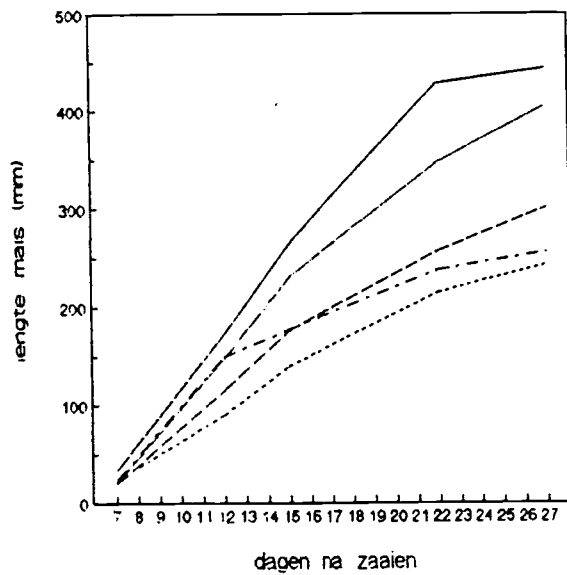
Nioko II
Pb

--- C N --- P --- K --- B



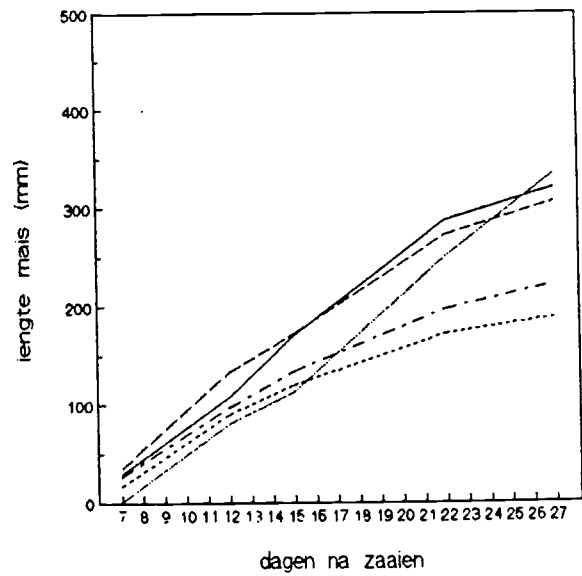
Bois de Barrage
Bf

--- C N --- P --- K --- B

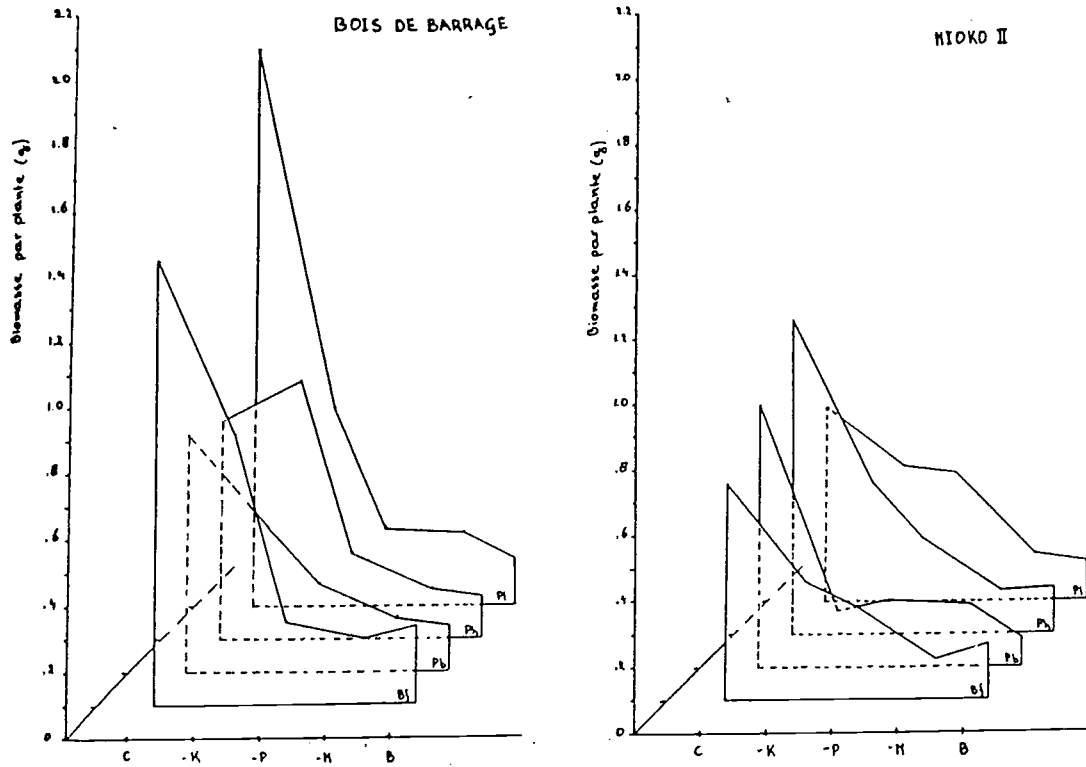


Nioko II
Bf

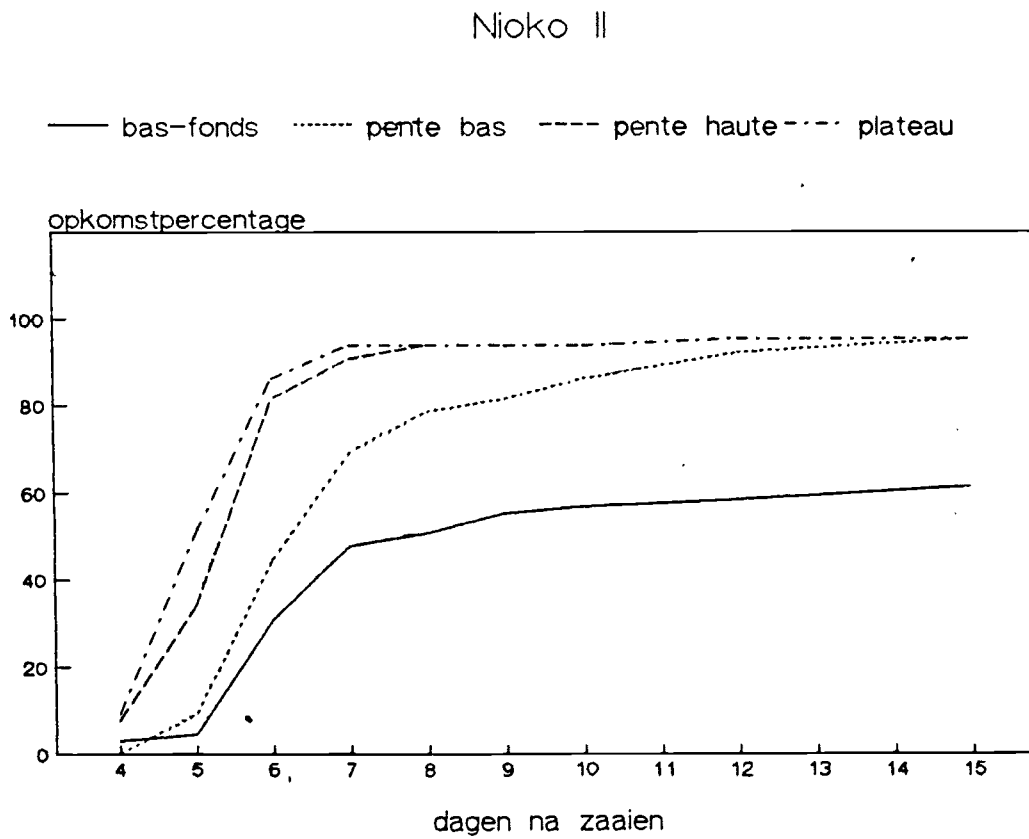
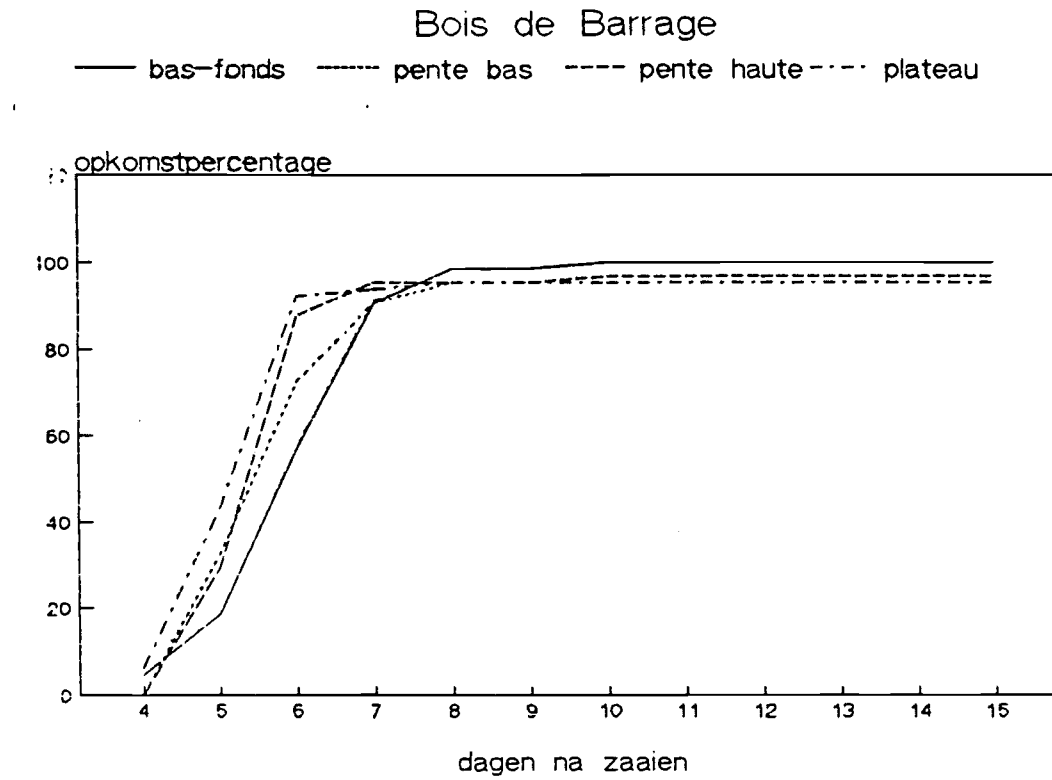
--- C N --- P --- K --- B



Figuur 13: Biomassa curves van de mais (gemiddeld per pot) voor de verschillende bodems en voedingsoplossingen.



Figuur 14: Opkomstpercentage van het maiszaad, gemiddeld per bodemtype.



Het zou interessant zijn om naast het herhalen van dit experiment met mais het experiment ook uit te voeren met andere voedselgewassen en wilde planten. Daarnaast kunnen ook andere bodemtypes onderzocht worden. Voor het experiment is weinig materiaal nodig, het is makkelijk uitvoerbaar en levert snel resultaten. Een ander voordeel van dit experiment is dat de respons van de planten op de verschillende voedingsoplossingen wordt gemeten. Problemen zoals bij het correleren van fytoomassa met in bodemonsters gemeten nutriënten gehalte kunnen optreden komen hier niet voor. Alleen de plant zelf kan bepalen wat de nutriënten beschikbaarheid is (Pegtel, 1987).

IV.2 Waterbeschikbaarheid in de bodem

Het grondwater in de Sahel is afkomstig van regenwater (Penning de Vries en Djiteye, 1982). Bodemwater dat dus door infiltratie in de bodem terecht gekomen is kan er door evaporatie weer uit verdwijnen en wanneer er vegetatie aanwezig is ook door transpiratie. Vanwege fysische eigenschappen van de bodem is niet alle in de bodem aanwezige water beschikbaar voor de planten (overleving en groei). Om een indruk te krijgen van de beschikbaarheid van water in de bodem is het gewichts percentage water in de bodem bepaald. Op een tweetal locaties zijn van verschillende bodems (dezelfde als de voor de bioassay bemonsterde bodems) door het regenseizoen heen monsters gestoken. De lokaties in het Bois de Barrage komen overeen met de vegetatie opnames 1 tot en met 6 en op N2 met de opnames 7 - 10 en een plek aan de rand van het bas-fond tussen de opnames 7 en 8. Binnen enkele uren na een regenbui werden met een grondboor bodemonsters van verschillende bodems en dieptes verzameld. Van iedere diepte werden de monsters verzameld in afsluitbare blikjes. Vervolgens in het laboratorium gewogen, gedroogd bij 105 °C gedurende 24 uur en teruggewogen. Vervolgens kan het gewichtspercentage berekend worden. Hiervoor is de volgende formule gebruikt (anoniem, 1979): $G_p = \frac{G_w * 100}{G}$

G_p = gewichts percentage water (%)

G_w = gewicht water (gr)

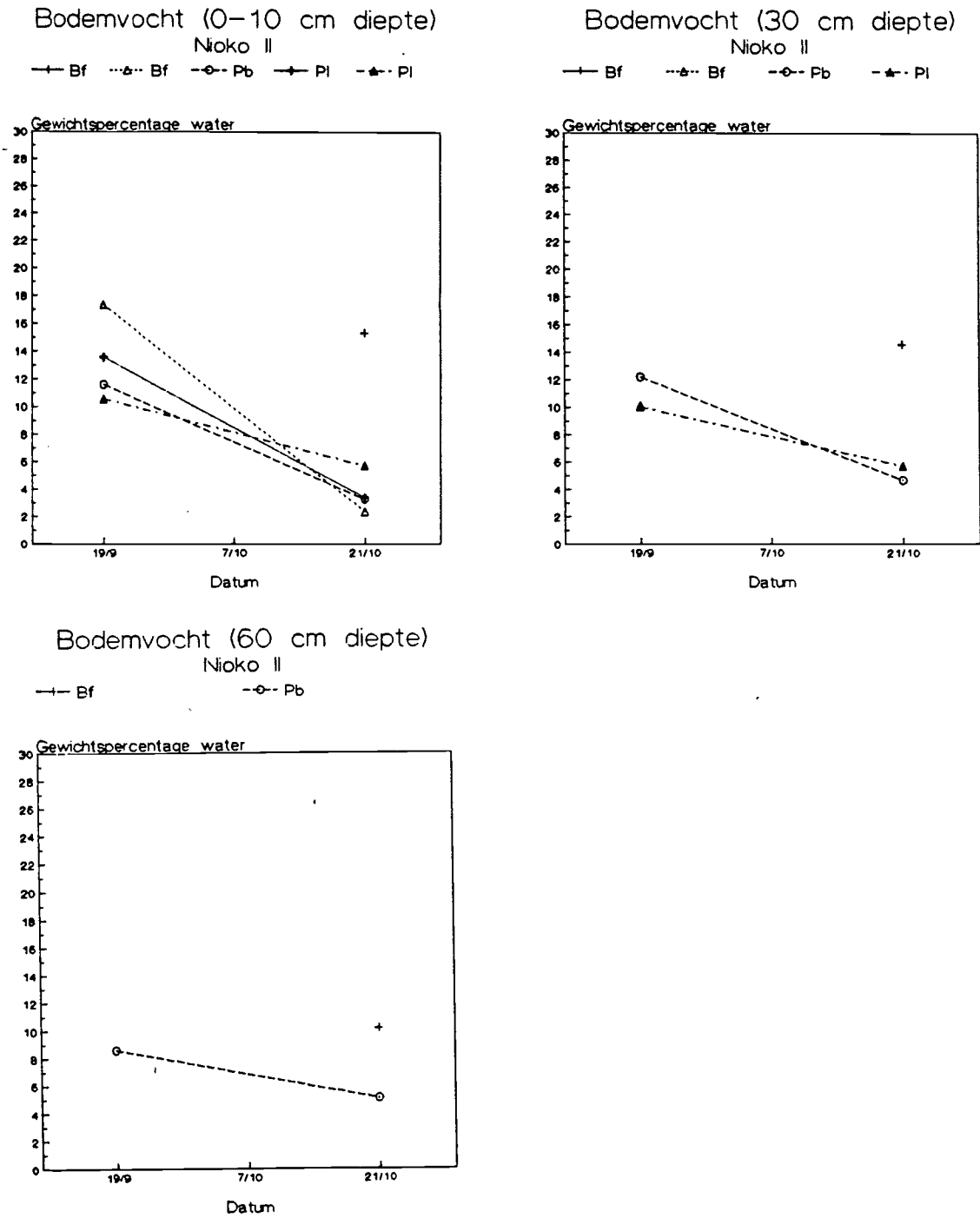
G = gewicht droge grond (gr)

Omdat het volumegewicht niet bepaald kon worden is het niet mogelijk om G_p om te rekenen naar een volume percentage.

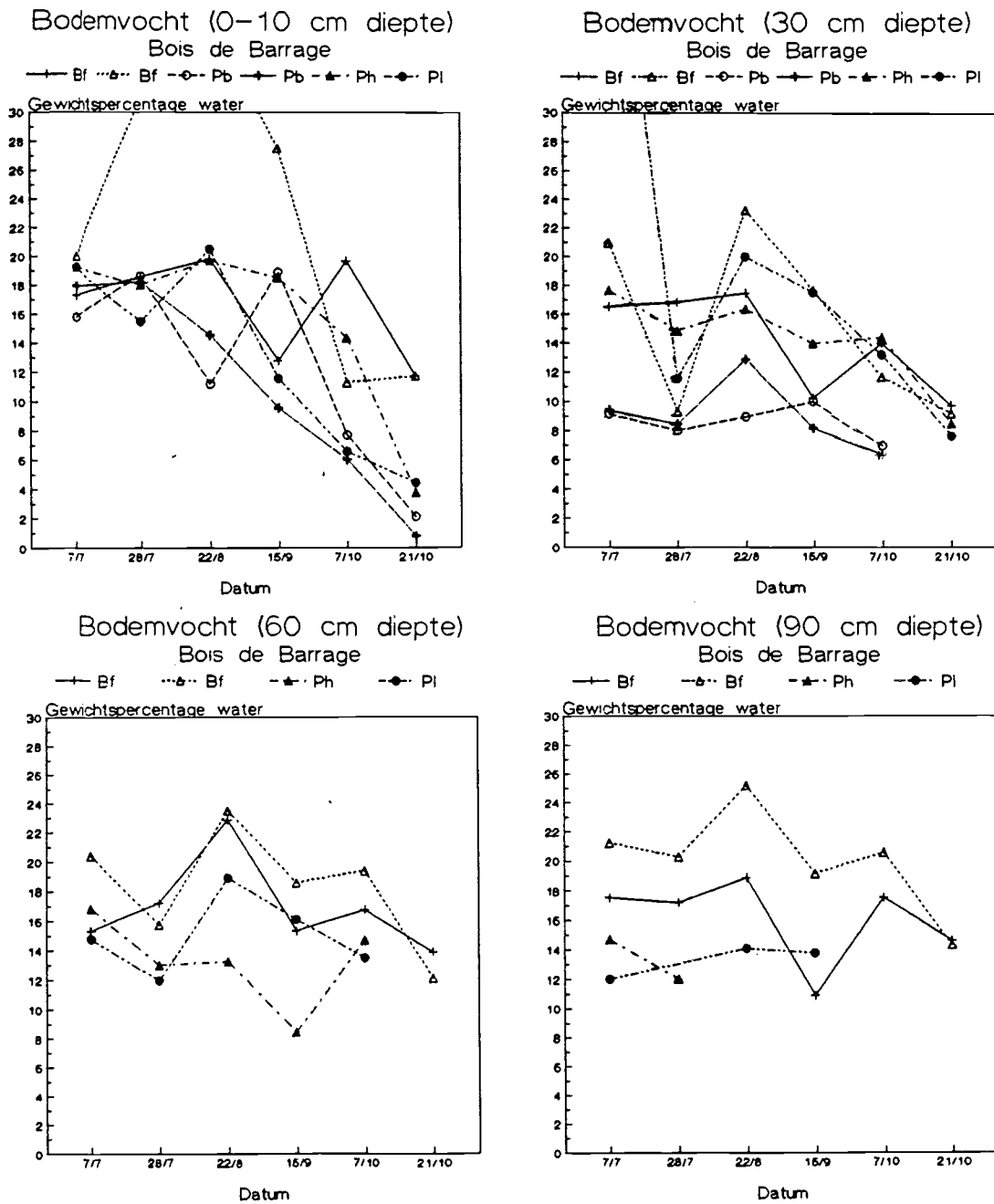
In augustus is de bodemvochtigheid het hoogst (Figuur 15 en Figuur 16) Dit is tevens goed zichtbaar op de 60 en 90 cm diepte (Figuur 16c en 16d). Hoewel er in september ook nog wel een aantal buien gevallen zijn in de decade voorafgaande aan de monsterdag (Figuur 5) is de G_p toch lager. In begin oktober is de G_p in de bovenste lagen nog lager (Figuur 16a en 16b) terwijl ze hoger is in de diepere lagen. Voor de bas-fond lokaties zou dit veroorzaakt kunnen worden door grondwater voeding. (De G_p van F op 90 cm diepte zit gedurende het hele seizoen in de buurt van de 20% en uit de bodemprofielen blijkt dat het grondwater op ± 1 m zit). Voor de lokatie aan de bovenkant van de helling gaat dit echter niet op terwijl de G_p wel hoger is in september. Vanwege het einde van het groeiseizoen in oktober zou er minder transpiratie op kunnen treden dan in september waardoor er minder water uit de bodem verdwijnt. In de ondiepe lagen is de G_p in oktober echter lager dan in september (Figuur 16). De bodemvochtigheid in de eerste 10 cm schommelt door het seizoen heen vrij sterk, maar voor alle bodemtypes op dezelfde wijze en in dezelfde orde van grootte. (m.u.v. Bf(4), deze lokatie was vaak enige tijd geïnundeerd na een regenbui, terwijl Bf(1) eveneens vaak maar korter geïnundeerd was na een regenbui) (Figuur 16a). Op 30 cm. diepte (Figuur 16b) splitsen de verschillende bodemtypes zich enigszins uit. De twee Bf lokaties zijn gedurende de meetperiode samen met Pl en Ph de meer vochtiger bodems. De onderkant van de helling (Pb) is echter minder vochtig. Dit kan veroorzaakt zijn door de ondoorlatende compacte bodemstructuur. Op 60 cm diepte (Figuur 16c) splitst het zich nog verder uit vooral in de maand augustus. Ph bevat dan het minste bodemvocht en Bf (1) en (4) het meeste terwijl Pl er tussen in zit. De bodems van Pb waren zo compact dat slechts tot op 30 cm diepte bodemonsters verzameld konden worden.

Ondanks het feit dat de hier gepresenteerde gegevens niet rechtstreeks gebruikt kunnen worden om de waterbalans tijdens de verschillende groei stadia te berekenen geven ze toch een inzicht in hoe het bodemvocht zich tijdens een belangrijk deel van het groeiseizoen gedraagt. Bij toekomstig onderzoek zouden meer gegevens o.a. met betrekking tot infiltratie en evapotranspiratie verzameld kunnen worden zodat een beter inzicht verkregen kan worden in de voor plantengroei en productie belangrijke waterbalans.

Figuur 15: Gewichtspercentages water bepaald aan enkele bodems van Nioko II.



Figuur 16: Gewichtspercentages water bepaald aan enkele bodems van het Bois de Barrage.



V. LANDEVALUATIE

V. 1. Methode

Met het doel om een inzicht te verkrijgen in het huidige landgebruik in het onderzoeksgebied is een landevaluatie uitgevoerd.

Een schematische presentatie van de verschillende activiteiten bij een landevaluatie is gegeven in Figuur 17 (Zonneveld, 1979; FAO, 1977). Uitgaande van de verschillende landgebruikstypen kunnen landgebruik benodigdheden (b.v. minimum bodemdiepte) en beperkingen geformuleerd worden (hierna verder parameters genoemd). Vanuit de landschapseenheden kunnen landhoedanigheden (Zonneveld, 1979) geformuleerd worden (b.v. bodemdiepte, textuur en stenigheid).

Landgebruik en land kunnen vervolgens met elkaar vergeleken worden wat resulteert in een landgeschiktheids-classificatie. Deze geeft de mate van geschiktheid van een gegeven landtype voor een gedefinieerd landgebruik. Land kan gewaardeerd worden als geschikt (orde S) of niet geschikt (orde N). De mate van geschiktheid kan aangegeven worden met landgeschiktheidsklassen. Binnen de orde S worden drie klassen onderscheiden (S1, S2, S3).

klasse S1	zeer geschikt	Het land heeft geen of slechts zeer geringe beperkingen die de productiviteit of inkomsten niet zullen reduceren en geen investeringen zullen vragen boven een acceptabel nivo.
klasse S2	matig geschikt	Het land heeft beperkingen die tezamen matig ernstige gevolgen kunnen hebben voor een duurzame toepassing van een bepaald gebruik. De beperkingen zullen de productiviteit en inkomsten reduceren en de investeringen verhogen zodat het voordeel, hoewel nog wel aanwezig geringer is dan bij S1 verwacht kan worden.
klasse S3	marginaal geschikt	Het land heeft beperkingen die tezamen ernstige gevolgen hebben voor duurzame toepassing van een bepaald gebruik en zo de productiviteit en inkomsten reduceren of de benodigde investeringen doen toenemen zodat deze uitgaven alleen marginaal gerechtvaardigd kunnen worden.
klasse N	niet geschikt	De beperkingen zijn zo ernstig dat ze succesvol duurzaam gebruik van het land op de gegeven manier uitsluiten (FAO, 1977).

In dit onderzoek is vooral naar de fysische karakteristieken van het land gekeken. De meest geschikte landevaluatie is dan een kwalitatieve (van Wijngaarden, 1983). Enige socio-economische gegevens zijn hierbij wel gebruikt. Wanneer een uitgewerkt ontwikkelingsproject beschikbaar is kan met deze kwalitatieve evaluatie en uitgebreidere socio-economische gegevens een kwantitatieve evaluatie uitgevoerd worden.

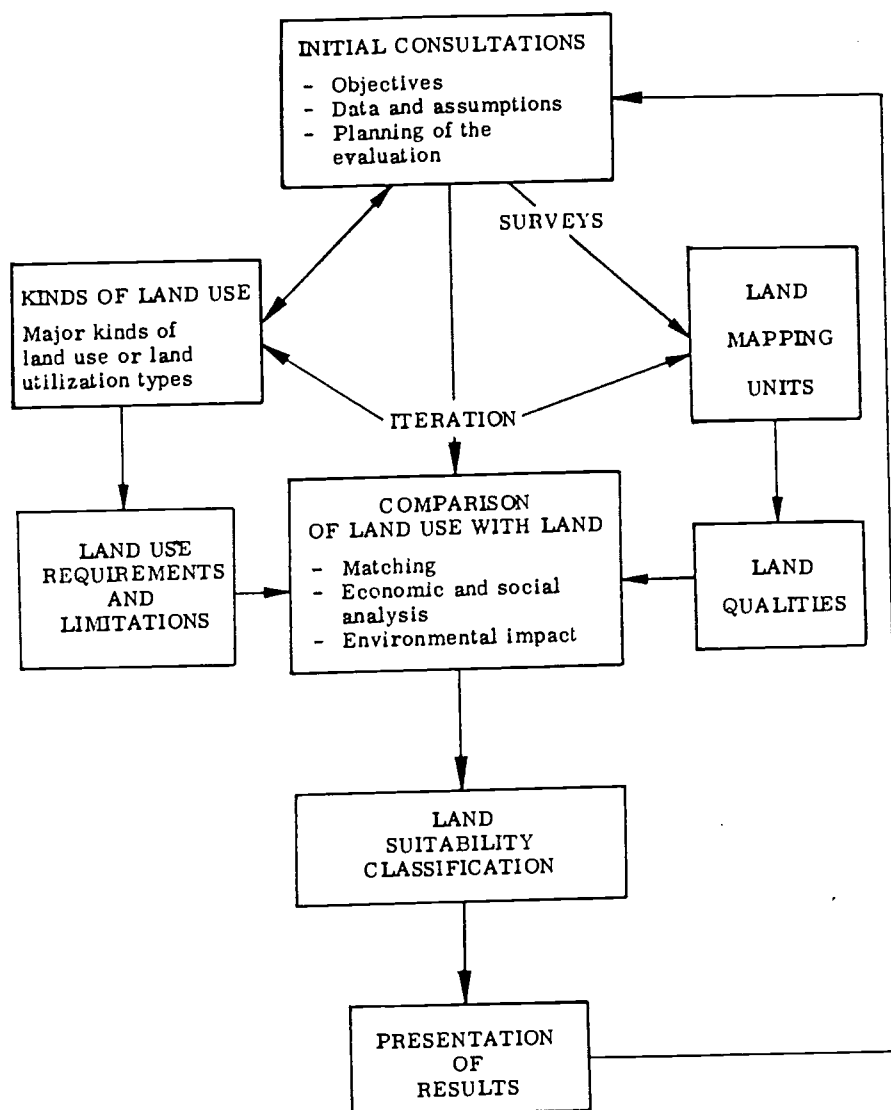
V. 2. Landgebruik

Het landgebruik rond Ouagadougou kan in twee hoofdgroepen opgedeeld worden: akkerbouw en veeteelt. Daarnaast komt in het gebied ook nog enige bosbouw voor. Deze hoofdgroepen kunnen verder opgesplitst worden. In Tabel 9 worden enkele kenmerken van de relevante landgebruikstypen gepresenteerd.

V. 2. 1. Akkerbouw

De regengevoede akkerbouw vindt plaats op een aantal typen landbouw gronden. Deze kunnen afhankelijk van hun afstand tot de bewoning ingedeeld worden in 'Champs de case', 'Champs de village' en 'Champs de brousse'. 'Champs de case' liggen direct om het huis en worden bemest met huisafval. Bij de Mossi wordt er vooral mais op verbouwd. 'Champs de village' liggen verder van de bewoning maar nog wel zo dicht bij dat ze gedurende vele jaren vrijwel continu bebouwd worden. De velden worden echter niet of nauwelijks bemest. De gewassen bestaan vooral uit sorghum, millet en pinda's, vaak in mengcultuur met niébe, osseilles (een sausplant) en gombo. De 'Champs de brousse' kunnen tot op vele kilometers van de bewoning afliggen. Ze krijgen de minste aandacht en zitten vaak in een rotatie systeem met braakperiodes. Vooral millet en sorghum worden erop verbouwd (Broekhuysse, 1982). Door de toenemende

Figuur 17: Schematische weergave van de activiteiten in een landevaluatie. (Zonneveld, 1979).



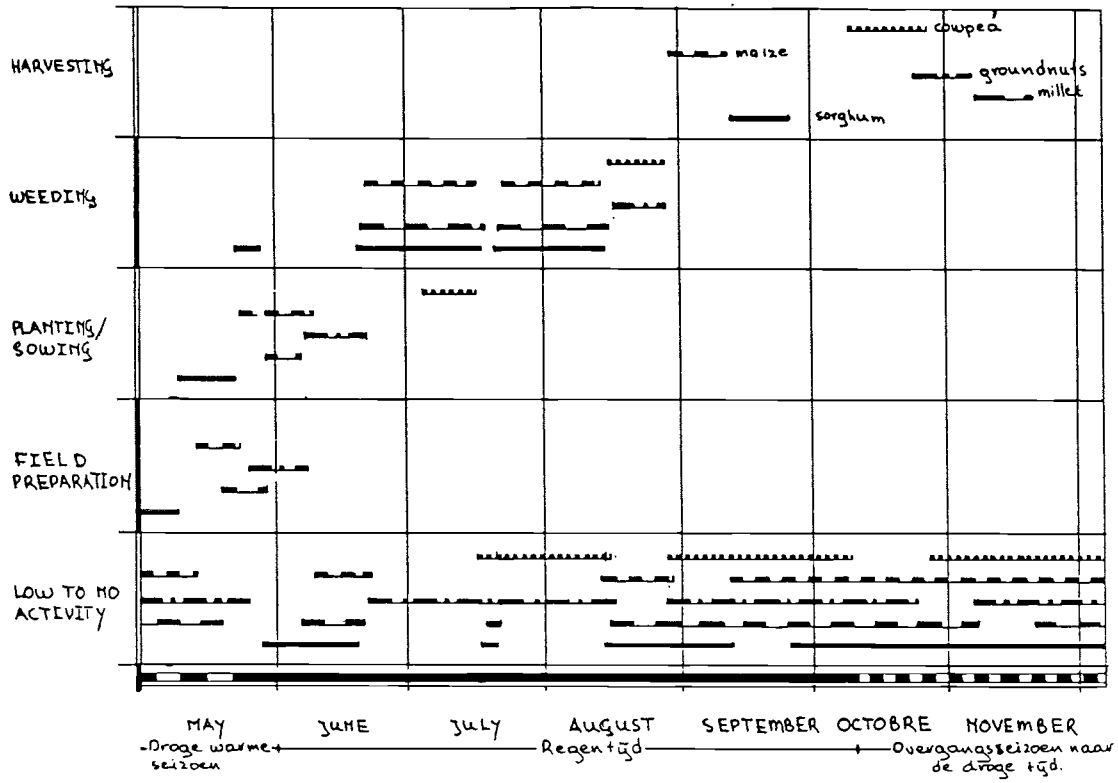
SCHEMATIC REPRESENTATION OF ACTIVITIES IN LAND EVALUATION

From: FAO 1976 (modified)

Tabel 9: Enkele kenmerken van de relevante landgebruikstypen.

Landgebruikstypen	productie product medium	benodigd kapitaal	arbeids int.	arbeids piek	management nivo	markt oriëntatie
1 Traditionele Regengevoede Landbouw (korte cyclus)	sorghum pinda's	stapel voedsel, cash crop	laag	hoog	mei-sept mei-nov	laag laag
2 Traditionele Regengevoede Landbouw (lange cyclus)	millet pinda's	stapel voedsel; cash crop	laag	hoog	mei-nov	laag laag
3 Traditionele Regengevoede Landbouw (met irrigatie)	sorghum mais	stapel voedsel; cash crop	medium	hoog	mei-sept	medium medium
4 Katoen Verbouw	katoen vezels	katoen	medium	hoog		medium-hoog medium-
5 Sedentaire Veehouderij	koelen schapen geiten	vlees (arbeids kracht)	laag	medium in regen tijd	mei-nov	laag laag
6 Transhumance Veehouderij	koelen melk	vlees,	laag	medium	mei-nov	laag laag
7 Transhumance Veehouderij	schapen geiten	vlees, wol	laag	medium	mei-nov	laag laag
8 Bosbouw	bomen	brandhout	hoog	zeer laag -		hoog medium

Figuur 18: Oogstkalender voor de belangrijkste voedselgewassen in het onderzoeksgebied. (naar: Delgado, 1979).



bevolkingsdruk vooral rond de hoofdstad Ouagadougou worden meer en meer de slechtere gronden ook in gebruik genomen. Dit is goed zichtbaar bij het vergelijken van luchtfoto's uit verschillende jaren. Daarbij komt nog dat de braakperiode sterk verkort wordt of zelfs achterwege blijft. Naast uitbreiding van het akkertouw areaal wordt de grond ook intensiever gebruikt.

V. 2. 1. 1. Activiteiten

De landbewerking kent een arbeidspiek gedurende de regen tijd. Op basis van onderzoek door Delgado (1979) kan per gewastype een oogstkalender gemaakt worden (Figuur 18) (zie ook Broekhuysse, 1982). De wiedrondes lijken een zeer belangrijke arbeidspiek te vormen gedurende het groeiseizoen.

V. 2. 1. 2. Gewassen

Sorghum (*Sorghum bicolor*), Millet (*Pennisetum typhoides*), Pinda's (*Arachis hypogea*), mais (*Zea mays*) en niébé (*Vigna unguiculata*) zijn de meest voorkomende gewassen. Deze worden vaak gemengd verbouwd met andere gewassen die o.a. gekweekt worden voor gebruik in de saus. Daarnaast komt op enkele plekken, vooral in de buurt van de Nakambé (het AVV gebied) de verbouw van katoen (*Gossypium hirsutum*) voor. Katoen is een cash crop.

Bijna alle gewassen geven de voorkeur aan een diepe bodem, goed gedraineerd, zandige leem grond, rijk aan mineralen en een pH tussen 6 en 7 (Westphal et al, 1985). Sorghum kan gecultiveerd worden op minder goede gronden dan de overige gewassen. Het is tolerant voor zware gronden (vertisols, black cotton soils) zelfs wanneer ze zijn geïnundeerd voor een korte periode.

Naast de traditionele systemen is een mogelijk nieuw in te voeren landgebruikstype gepresenteerd (LUT 2 in Tabel 9; van Wesemael, 1986). Hierbij speelt het aanleggen van kleine bassins waarin afstromend regenwater opgevangen kan worden een belangrijke rol. Gedurende korte droge periodes kan met het in deze bassins verzamelde water geïrrigeerd worden (van Wesemael, 1986).

Voor de geschiktheidsclassificatie zijn de in Tabel 10 vermelde akkerbouw parameters in overweging genomen en gerelateerd aan de landhoedanigheden.

Tabel 10: De akkerbouw parameters met de gerelateerde landhoedanigheden.

<u>parameters</u>	<u>landkarakteristieken</u>
groeiduur	duur regen seizoen
water	regenval, bodemdpte, waterbeschikbaarheid, retentie, textuur
nutriënten	pH, beschikbaar N, P, K, textuur
grip voor wortels	bodemdiepte, textuur
bewerkbaarheid bodem	stenigheid, grinderigheid, textuur
bestendigheid tegen bodemerosie	sheet, rill erosie
overstroming	frequentie van overstromen
aanwezigheid van ziektes	rivierblindheid

De waardering van de verschillende akkerbouw landgebruikstypen is weergegeven in Tabel 11. Van enkele landhoedanigheden waren voor de verschillende landschapseenheden onvoldoende gegevens beschikbaar om een gedetailleerde waardering te geven (dit geldt b.v voor het nutriënten gehalte).

V. 2. 2. Veeteelt

Twee veeteelt systemen kunnen onderscheiden worden. Het transhumance systeem wordt vooral door de Peul gehanteerd, terwijl het sedentaire systeem zowel door de Peul als door de akkerbouwers (vooral Mossi in het veldwerkgebied) toegepast wordt. Bij het sedentaire systeem kan nog onderscheid gemaakt worden tussen veetelers met enige verbouw van gewassen (doorgaans met grote kuddes van >20 koeien)

Tabel 11: Waardering van de landhoedanigheden voor de akkerbouw landgebruikstypen.

<u>landgebruikstypen</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	
bodemdiepte	ondiep	NS	NS	NS	NS
	matig diep	S2	S2	S2	S2
	diep	S1	S1	S1	S1
textuur	zeer grinderig	NS	NS	NS	NS
	grinderig	S2	S2	S3	S3
	zand	S2	S2	S2	S2
	leem	S1	S1	S1	S1
	klei	S2/S1	S2	S2/S1	S2
drainage	somewhat excessively	S3	S3	S3	S3
	well	S1	S1	S1	S1
	imperfectly	S2	S3	S2	S3
	(very) poor	NS	NS	NS	NS
nutriënten gehalte	laag	S2	S2	S2	NS
	hoog	S1	S1	S1	S1
erosie	geen	S1	S1	S1	S1
	sheet	S2	S2	S2	S2
	rill (lage intensiteit)		S3	S3	S3
	rill (hoge int.)	NS	NS	NS	NS
flooding	geen	S1	S1	S1	S1
	frequent onregelmatig				
	vaak	NS	NS	NS	NS
	weinig	S2	S3	S2	S3

Tabel 12: Graaskalender met de belangrijkste voedselplanten voor het vee door het jaar heen. De gegevens zijn gebaseerd op een interview met de verantwoordelijke voor de kudde van Gampela (ISP veldwerkstation). (1) g = gras, h = houtig gewas, v = vlinder-bloemigen. (hg) = hergroei, (d.s.) = droge stadium, (k) = koeien, (ge) = geiten (vr) = vruchten, (bl) = bladeren. De + + + geven de mate van belangrijkheid van de soort als veevoer aan.

SOORT	JUNI	JULI	AUGUSTUS	SEPTEMBER	OKT.-DEC.	JAN.-APRIL	MEI
SAVANNE	+++	+++	+++	+++	++	+++ (h)	+++
BAS-FOND	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++ (hg)
CHAMPS				+++	++		
<i>Vetiveria nigritana</i> (g)	+++	+++	+++	+++			+++ (hg)
<i>Panicum</i> sp (g)	+++	+++	+++	+++			+++ (hg)
<i>Paspalum obiculare</i> (g)	+++	+++	+++	+++			
<i>Brachiaria jubata</i> (g)	+++	+++	+++	+++			
<i>Setaria sphacelata</i> (g)	+++	+++	+++	+++			
<i>Oryza</i> sp (g)	+++	+++	+++	+++			
<i>Stylosanthes erecta</i> (v)	+	++					
<i>Strychnos spinosa</i> (h)	+						
<i>Tephrosia bracteolata</i> (v)	+						
<i>Indigofera</i> sp. (v)	+						
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (g)		+++			+ (d.s.)	+ (d.s.)	
<i>Pennisetum pediculatum</i> (g)		+++	++	++	+ (d.s.)	+ (d.s.)	
<i>Loudetia togoensis</i> (g)		+	+	+	+ (d.s.)	+ (d.s.)	
<i>Combretum aculeatum</i> (h)	+	++	+ (vr)	+ (vr)			
<i>Zornia glochidiata</i> (v)		+++	+++				
<i>Digitaria horizontalis</i> (g)			++		+ (d.s.)	+ (d.s.)	
<i>Brachiaria lata</i> (g)			+++	+++	+ (d.s.)	+ (d.s.)	
<i>Setaria pallide fusca</i> (g)			++		+ (d.s.)	+ (d.s.)	
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (v)				+++			
Oogstresten (millet, sorhum mais)					+++		
<i>Arachis hypogea</i> (v)					+++		
<i>Vigna unguilata</i> (v)					+++		
<i>Ziziphus mauritiana</i> (h)					+++ (vr,bl)	+++ (bl)	+++
<i>Ximenia americana</i> (h)					+		
<i>Grewia villosa</i> (h)					+		
<i>Cochlospermum tinctorum</i> (h)					+++ (d.s.,bl,vr)		
<i>Andropogon gayanus</i> (g)	+ (hg)				+ (d.s.)	++ (vuur)	+++ (hg)
<i>Sclerocarya birrea</i> (h)	+					+++	+++
<i>Bombax costatum</i> (h)	+					+++ (k)	+++
<i>Acacia seyal</i> (h)						+++ (ge)	+++
<i>Buterospermum parkii</i> (h)						+++ (ge,bl)	+++
<i>Acacia macrostachia</i> (h)						+++	+++
<i>Balonites aegyptiaca</i> (h)						+++ (bl,vr)	+++
<i>Kaya senegalensis</i> (h)						+++	+++
<i>Adansonia digitata</i> (h)						+++	+++
<i>Sterculia setigera</i> (h)						+++	+++
<i>Pterocarpus eringeus</i> (h)						+++ (k)	+++
<i>Stereospermum kunthianum</i> (h)						+++ (k)	+++

en landbouwers met enkele stuks vee (doorgaans 1 à 2 koeien en schapen en geiten). Bij het transhumance systeem komt het voor dat slechts een deel van de kudde wegtrekt bij de vaste nederzettingen en dat een (aanzienlijk) deel van de kudde achterblijft (Yo Kaole, 1986). Een reden voor het wegtrekken kan naast een betere voedselkwaliteit elders ook ruimtegebrek in de woonomgeving zijn gedurende de groeiperiode (regentijd). Door middel van een interview is een inzicht verkregen in het terrein gebruik van de kudde te Gampela en het terreingebruik van kuddes meer in het algemeen (o.a. kuddes te Koupela) (Tabel 12).

Uit meerdere bronnen werd vernomen dat er met name rond Ouagadougou tijdens het groeiseizoen zich problemen voordeden om voldoende weidegrond te vinden. De grote dichtheid van akkerbouwgrond lijkt hier de belangrijkste oorzaak van te zijn.

Een drietal landgebruikstypen zijn onderscheiden (Tabel 9). LUT 5 betreft kleine kuddes van enkele koeien, schapen en geiten die het gehele jaar in de buurt van de nederzetting verblijven. LUT 6 en 7 hebben betrekking op grote kuddes die doorgaans geheel of gedeeltelijk een deel van het jaar buiten het onderzoeksgebied verblijven (Yo Kaole, 1986).

Voor de geschiktheidsclassificatie zijn de in Tabel 13 vermelde veeteelt parameters in overweging genomen en gerelateerd aan de landhoedanigheden.

Tabel 13: De veeteelt parameters met de gerelateerde landkarakteristieken

<u>Parameters</u>	<u>Landkarakteristieken</u>
drinkwater	barrages, putten
voedsel in droge tijd	bas fonds, perenne grassen
natte tijd	voldoende ruimte
toegankelijkheid	helling, stenigheid
habitat	structuur
voedsel	structuur, soortensamenstelling, kwantiteit, fenologie, hergroei, browse productie
ziektes	slaapziekte
erosie gevoeligheid	gevoeligheid van soorten voor begrazen, betreden en van bodem voor betreden (dichtslaan)

De waardering van de verschillende veeteelt landgebruikstypen is weergegeven in Tabel 14. Van enkele landhoedanigheden waren voor de verschillende landschapseenheden onvoldoende gegevens beschikbaar om een gedetailleerde waardering te geven (dit geldt b.v voor 'fenologie' en 'ruimte').

De drinkwater beschikbaarheid en de beperkingen bij het grazen in de natte tijd (ruimte gebrek) zijn niet bij de correlatie betrokken. Ze zijn niet rechtsreeks gecorreleerd met de landschapseenheden. De waardering moet dan ook gecorrigeerd worden volgens de in Tabel 15 vermelde waarden.

Tabel 14: Waardering van de landhoedanigheden voor de veeteelt landgebruikstypen.

<u>Landgebruikstypen</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
voedsel droge tijd (mei)			
-perenne grassen bedekking			
0 % NS	NS	NS	
0-5 % S2	S2	S1	
>5 % S1	S1	S1	
-termietenheuvels			
zeldzaam	S1	S1	S2
algemeen	S1	S1	S1
-soortensamenstelling (plantengemeenschappen)			
IgLt, MsEe, SvPp, ApPp, KsCm	S1	S1	S1
GbEe, BLDa, PoMi	S2	S2	S1
rest NS	NS	S2	
-voorkomen <i>Acacia seyal</i>			
IgLt, ApPp, SvPp	S1	S1	S1
rest S1	S1	S2	
-fenologie			
habitat (structuur)			
Bt, WBt, F, Bd	NS	NS	NS
B, WBd, Wd, WB	S2	S2	S2
WBG, WG, W	S1	S1	S1
BG, G S1	S1	S2	
toegankelijkheid (helling)			
steilwand	NS	NS	S2
'undulating slope' met lateriet plateau	S2	S2	S1
overig S1	S1	S1	
slaapziekte	gehele gebied gevoelig		

Tabel 15: Aanpassing van de geschiktheidsclassificatie voor veeteelt in verband met drinkwater voorziening en de bereikbaarheid van voedsel in de natte tijd. 0 = waardering wordt niet beïnvloed, -1 = waardering wordt een klasse verlaagd, NS = niet geschikt (naar: van Wijngaarden, 1983).

<u>Landgebruikstypen</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
drinkwater < 5 km	0	0	0
5-10 km-1	0	0	
10-15 km	NS	-1	-1
> 15 kmNS	NS	NS	
voedsel natte tijd			
-ruimte			
veel akkerbouw	-1	NS	-1
weinig akkerbouw	0	0	0

V. 2. 3. Bosbouw

Op enkele plaatsen in het veldwerkgebied zijn gebieden ingericht voor de aanplant van bomen (vooral *Eucalyptus camaldulensis*). Het betreft hier o.a. het Forêt Classée de Gonse en van Wayin. Een ander beschermd bosgebied is het Forêt Classée de Barrage, hier is op een veel geringere schaal aangeplant (o.a. *Tectona grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* en misschien *Khaya senegalensis*). Een belangrijk doel vormt de houtproductie voor met name Ouagadougou, daarnaast echter ook de bestrijding van bodemerosie (Bois de Barrage). Kowal en Kassam (1978) geven bij twee van de boven genoemde soorten het volgende commentaar:

-*Eucalyptus camaldulensis*: snel groeiende soort die een hoogte bereikt van 10-12 m in 3 jaar, met een opbrengst van 63 m³/ha bij die leeftijd.

-*Tectona grandis* (teak): zeer goed en duurzaam hout met een gemiddelde jaarlijkse toename van 10 m³/ha.

De groei van bomen vertoont een seizoens patroon (Kowal en Kassam, 1978). Dit indiceert dat de beschikbaarheid van water (ook) de groei van de bosaanplant bepaalt. Daarnaast spelen de aanwezigheid van nutriënten en de bodemdpte een belangrijke rol. Voor de geschiktheidsclassificatie zijn de in Tabel 16 vermelde bosbouw parameters in overweging genomen en gerelateerd aan de landhoedanigheden.

Tabel 16: De bosbouw parameters met de gerelateerde landkarakteristieken

<u>parameters</u>	<u>landkarakteristieken</u>
water in droge tijd	bodemdiepte, flooding
erosie gevoeligheid bodems	helling
bodemgeschiktheid	stenigheid, nutriënten, pH
ruimte voor bosaanplant	dichtheid akkerbouwgronden
vuurbescherming	
vestiging van jonge bomen	

De waardering van de verschillende bosbouw landgebruikstypen is weergegeven in Tabel 17. Van enkele landhoedanigheden waren voor de verschillende landschapseenheden onvoldoende gegevens beschikbaar om een gedetailleerde waardering te geven (dit geldt b.v. voor 'vestiging van jonge planten' en 'vuurbescherming').

Tabel 17: Waardering van de landhoedanigheden voor het bosbouw landgebruikstype.

<u>Landgebruikstype</u>	7
bodemdiepte zeer ondiep	NS
ondiep S2	
diep S1	
flooding freq. onregelmatig	
-hoge frequentie	NS
-lage frequentie	S1
geen S2	
helling bijna vlak	S1
'undulating'	S2
'steep' NS	
stenigheid geen	S1
grinderig	S2
keien NS	
nutriënten laag	NS
hoog S1	
dichtheid akkerbouwgronden	
laag S1	
medium S2-NS	
hoog NS	

V. 3. Geschiktheidsclassificatie

Tabel 18 geeft de geschiktheidsclassificatie van de landschapseenheden voor verschillend landgebruik. Deze Tabel is het resultaat van het correleren van de landschapseenheden (Tabellen 4 en 5) met de waardering van de landhoedanigheden voor de verschillende landgebruikstypen (Tabellen 11, 14 en 17). Het toekennen van de waardering in Tabel 18 is gebeurd volgens de methode van de limiterende conditie (FAO, 1983). De minst gunstige landhoedanigheid wordt hierbij als beperkend beschouwd.

Landschapseenheid C komt uit Tabel 18 naar voren als ongeschikt voor akkerbouw. De ondiepe bodems zijn hiervoor verantwoordelijk. De sterk aan C verwante eenheid P11 (lateriet velden in huidige verweringsvlak) vertonen hetzelfde beeld m.b.t. de geschiktheid voor de akkerbouw. P11 is beter geschikt voor de veeteelt landgebruikstypen dan C. Dat vindt zijn oorzaak in de betere toegankelijkheid van P11 voor het vee. (steile hellingen zijn in P11 afwezig). P12, P13 en S12 (de akkerbouwgronden) zijn in vergelijking met Pm1, Pm2 en Sm beter geschikt voor akkerbouw. Pm1, P13 en Sm zijn in de droge tijd (mei) goed geschikt voor begrazing door vee. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van struiken en termietenheuvels. De termietenheuvels hebben vaak een met struiken begroeide top. Daarnaast komen in deze eenheid evenals in F1 perenne grassen voor die in de droge tijd tot hergroei kunnen komen (b.v. na branden). Vanwege het afwezig zijn van struiken en andere natuurlijke vegetatie zijn P12 en S12 in de maand mei ongeschikt voor gebruik door het vee. F1, F2 en F3 beschikken over diepe bodems. Door het regelmatig overstromen gedurende de regentijd is er op deze gronden veel aanvoer van nutriënten. Door het regelmatig overstromen zijn ze echter tegelijkertijd ongeschikt voor akkerbouw in de regentijd. Hooguit kan er enige tuinbouw plaatsvinden direct na het regenseizoen. De mogelijkheid van bosaanplant op deze eenheden zou nader onderzocht moeten worden. Een voorbeeld van zo'n oeverbos kan aangetroffen worden in het Bois de Barrage. Daar staat een dicht oeverbos (eenheid F1) dat regelmatig overstromd wordt.

De hier uitgevoerde landevaluatie is gebaseerd op een beperkte hoeveelheid gegevens. Voor de planning van ontwikkelingsprojecten e.d. is dan ook aanvullend onderzoek nodig, zo kunnen verschillende landgebruiks parameters en landhoedanigheden nader onderzocht worden. Te denken valt hierbij aan het uitvoeren van socio-economisch onderzoek. Daarnaast aan het nader onderzoeken van de bodemvrucht-

baarheid en van de productie van verschillende gewassen en de natuurlijke vegetatie op de verschillende landschapseenheden.

Een evaluatie die dieper ingaat op de verschillende veeteelt landgebruikstypen zou meer aandacht kunnen besteden aan het variërend voedsel aanbod door het jaar heen. Dit zou kunnen gebeuren door het uitvoeren van verschillende landevaluaties voor verschillende beperkende periodes in het jaar (mond. med. P. Esselink).

Tabel 18 Geschiktheidsclassificatie van de verschillende landschapseenheden (LE) voor verschillend landgebruik (LUT). S1: geschikt, S2: matig geschikt, S3: marginaal geschikt, NS: niet geschikt.

LUT	1	2	3	4	5	6	7	8
	SORGHUM PINDA'S	MILLET PINDA'S	SORGHUM MAIS	KATOEN	KOEIEN SCHAPEN GEITEN	KOEIEN	SCHAPEN GEITEN	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
P11	NS	NS	NS	NS	S1	S1	S1	NS
P12	S1-S2	S1-S2	S1-S2	S2-S3	NS	NS	S2	S2
P13	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
S12	S2	S2	S2-S3	S2-S3	NS	NS	S2	S2
S _m	S3	S3	S3-NS	S3-NS	S1	S1	S1	S3
S _w	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

VI. AFSLUITING

Uit de hier gepresenteerde experimenten ondersteund met literatuur gegevens komt naar voren dat er in het onderzoeksgebied sprake is van een lage bodemvruchtbaarheid. Er zou zelfs gesproken kunnen worden van bodemarmoede.

Echter door een geringe variatie in bodemvruchtbaarheid o.a. veroorzaakt door de geomorfologie en het landgebruik zijn er verschillen ontstaan die het landschap een afwisselend beeld geven. Dit is zichtbaar geworden in de landschapsoecologische vegetatiekaart en in de verschillende vormen van landgebruik op de verschillende landschapseenheden.

Hopelijk kan het hier gepresenteerde onderzoek gebruikt worden bij het onderzoek aan de Universiteit van Ouagadougou en bij de planning van projecten rond Ouagadougou.

LITERATUUR

- Advisory Committee on the Sahel, 1984. Resource management for arid and semiarid regions. Environmental change in the West African Sahel. National Academy Press, Washington, D.C.
- Anoniem, 1979. Cursus Bodemkunde. Deel I, Algemene Bodemkunde. Onderafdeling Scholing van het Ministerie van Landbouw en Visserij i.s.m. het Consultantschap voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw te Wageningen.
- Broekhuysen J.Th., 1982. De Mossi, en 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.
- Delgado, C.L., 1979. Livestock versus foodgrain production in Southeast Upper Volta: a resource allocation analysis. Monograph I. Livestock production and marketing in the Entente States of west Africa. Center for Research on Economic Development, University of Michigan.
- Dijk M.P. van, 1982. Boven-Volta. Koninklijk Instituut voor de Tropen, Amsterdam.
- FAO, 1977. A framework for land evaluation. Soil Resources Development and Conservation Service, Land and water Development Division, FAO, Rome.
- FAO, 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Soil Resources Management and Conservation Service, Land and water Development Division, FAO, Rome.
- Fresco L.F.M., 1987. VEGROW. Manual bij programma pakket VEGROW. Laboratorium voor Plantenoecologie. RU Groningen.
- Gelens H.F., -, Introduction to soil science rural surveys. ITC, Enschede.
- van Gils H.A.M.J. en W. van Wijngaarden, 1984. Vegetation structure in reconnaissance and semi-detailed vegetation surveys. ITC Journal 1984-3, ITC, Enschede.
- van Gils H.A.M.J. en I.S. Zonneveld, 1982. Vegetation and rangeland survey. Lecture notes N-7. ITC, Enschede.
- Goungounga J., 1986. Contribution à l'étude de la végétation des zones périurbaines: classification écologique et évaluation des ligneux. Forêt Classée du Barrage - Zone de Nioko II. Mémoire de fin d'études, IDR, Université de Ouagadougou, Ouagadougou.
- 'Guidelines for soil profile description', ITC Enschede.
- Hottin G. en O.F. Ouedraogo, 1975. Notice explicative de la carte géologique à 1/1.000.000 de la République de Haute Volta. Ministère du commerce, du développement industriel et des mines, Direction de la géologie et des mines, Ouagadougou.
- Hutchinson J. en J.M. Dalziel, 1954. Flora of Tropical West Africa; volume I, II en III. Crown Agents for Overseas Governments and Administrations. London.
- Mueller-Dombois D. en H. Ellenberg, 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York.
- Munsell Soil Color Charts
- Kaloga B., 1968. Carte pédologique de reconnaissance de la République de Haute Volta, Centre Sud. Centre ORSTOM, Dakar.

- Klaver J.M.C., 1982. Het natuurlijk milieu in de Sahel. In: P.H.J. van den Boorn en M.P. van Dijk, (red.), De Sahel na de droogte. Koninklijk Instituut voor de Tropen, Amsterdam.
- Kowal J.M. en A.H. Kassam, 1978. Agricultural ecology of Savanna. A study of West Africa. Clarendon Press, Oxford.
- Loth P.E. en H.H.T. Prins, 1986. Spatial patterns of the landscape and vegetation of Lake Manyara National Park. ITC Journal 1986-2, Enschede.
- Meyer B.S. en D.B. Anderson, 1946. Laboratory plant physiology. D. van Noshand Company, Inc, aug 1946.
- Palacky G.J., I.L. Ritsema en S.J. de Jong, 1981. Electromagnetic prospecting for groundwater in Precambrium terrains in the republic of Upper Volta. Geophysical Prospecting, 1981, 29, 932-955.
- Pegtel D.M., 1987. Soil fertility and the composition of semi-natural grassland. In: J.van Andel et al., (eds), Disturbance in Grasslands. 1987. Junk Publishers, Dordrecht.
- Penning de Vries F.W.T. en M.A. Djiteye (ed.), 1982. La productivité des paturages sahéliens. Une etude des sols, des vegetations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. PUDOC, Wageningen.
- Prins, M., 1986. Een korte oecologisch bodemkundige studie in het Bois de Barrage , Ouagadougou, Burkina Faso. Vakgroep Plantenoecologie, RU Groningen.
- Prins, H.H.T. en P.E. Loth, 1988. Rainfall patterns as background to plant phenology in northern Tanzania. Journal of Biogeography 15, in press.
- Roose, E.J., 1978. Pédogenèse actuelle d'un sol ferrugineux complexe issu de granite sous une savane arborescente du centre Haute-Volta. Gonsé: campagnes 1968 à 1974. Cah. ORSTOM, sér. Pédol.,vol. XVI,no 2, 1978: 193-223.
- Spaans M., 1987. Schema d'aménagement de la banlieue de Ouagadougou. Plan d'aménagement provisoire de Koubri. Etude pilote. Ministere de l'Equipement, DGUTC, Ouagadougou.
- Stoop W.A., 1987. Variations in soil properties along three toposequences in Burkina Faso and implications for the development of improved cropping systems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 19 (1987) 241-264. Elsevier, Amsterdam.
- Teissier J., 1974. Terroir de Mogtedo (Haute-Volta). Etude morpho-pedologique ewen vue de la mise en valeur des terres. l'Agronomie Tropicale, 1974, nos 2-3, fevrier-mars.
- Veen A., 1986, Handleiding voor het beschrijven van bodemprofielen in het terrein. Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, RU Groningen, Groningen.
- Walter H., 1984. Vegetation und Klimazonen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Wesemael B. van, 1986. La constuction de bassins d'irrigation a Burkina Faso. Recherches sur les possibilités de l'aménagement de bassins familiaux pour recevoir l'eau de ruissellement sur le Plateau Mossi. Fysisch Geografisch Instituut, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Westphal E. et al, 1985. Culturees vivrieres tropicales avec référence speciale au Cameroun. PUDOC, Wageningen.
- Wijngaarden W. van, 1983. Inventory and evaluation of the natural resources of the Baoulee region (Mali). ITC, Enschede.
- Yo Kaole, 1986. Evaluation des troupeaux bovins de la zone de Gampela. Memoire de fin d'etude. IDR, Universite de Ouagadougou, Ouagadougou.

Zonneveld, I.S., 1979. Land evaluation and land(scape) science. ITC, Enschede

Zuidam, R.A. van, F.I. van Zuidam-Cancelado, 1979. Terrain analysis and classification using aerial photographs, a geomorphological approach. ITC, Enschede.

BILAGEN

1. LANDSCAPSOECOLOGISCHE VEGETATIEKARTERING

2. VEGETATIETABEL

Plantae gesenachap	Obis	Igic	MaKe	CtPc	KzG	ApP	SvPp	BLDs	KrOs	PaSp	Podl	
opanus summer	42 53 17 18 20	29 35 38 10 32 11 19	9 31 55 16 45	25 47 37 22 31 21 30 38 24 37	33 40 41 46	14 39 34	49 50 36 32 48 44	60 54 12 59 27	26 5 13 3 8	1 4 2 6	23 13 43	7 26 56
no. eorte man												
189 : Kobusia senegalensis												
191 : Vigna nigricia												
192 : Parkia biglobosa	2											
195 : Cardenia sp			1									
196 : Bridelia ferruginea		1										
197 : Cynanchum hastifolium		1										
198 : Eclipta emolytoides		1										
199 : Euclea grandifolia		1										
200 : Sida senegalensis		1										
201 : Sterculia setigera				2								
203 : Vigna unguiculata					1							
205 : Arachis hypogaea					1							
206 : Corchorus olitorius					1							
207 : Indigofera pilosa					2							
209 : Indigofera nigricans			2			1						
211 : Lippia chevalieri												
212 : Cyperus sp	2											
213 : Fabietylus dichotomus	2											
214 : Scleria sp	2											
215 : Digitaria gayana					2							
216 : Schyzanthium sanguineum					4							
217 : Laucus maritimus				1								
218 : Phytolacca micrantha				1								
219 : Commelin sp												
220 : Malochia corchorifolia				1								
221 : Bulbostylis abortiva	2											
223 : Corchorus fascicularis												
224 : Centrosema senegalensis												
225 : Berberis leucocaulis												
226 : Rynchosia minima												
227 : Eragrostis tremula				2								
232 : Crotalaria mucronata						1						
234 : Moringa oleifera		1										
235 : Indigofera microcarpa		1										
237 : Indigofera senegalensis						1						
238 : Crotalaria retusa							1					
240 : Ziziphus spina-christi							1					
241 : Bridelia micrantha		1										
242 : Gardenia aquilla		1										
244 : Mesurus crassifolia				1								
245 : Periwinkle curatellifolia				2								
247 : Ficus guthrieana							2					

3. SOORTENLIJST

no.	soorts naam	familie naam
166	<i>Acacia sieberiana</i>	Mimosaceae
39	<i>Acacia gourmaensis</i>	Mimosaceae
1	<i>Acacia macrostachia</i>	Mimosaceae
17	<i>Acacia pennata</i>	Mimosaceae
78	<i>Acacia senegal</i>	Mimosaceae
40	<i>Acacia seyal</i>	Mimosaceae
150	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Compositae
102	<i>Acrocera amplectens</i>	Gramineae
41	<i>Albizia chevalieri</i>	Mimosaceae
2	<i>Albizia lebbeck</i>	Mimosaceae
42	<i>Albuca nigritana</i>	Liliaceae
18	<i>Aloe buettneri</i>	Liliaceae
103	<i>Alternanthera nodiflora</i>	Amaranthaceae
177	<i>Alysicarpus glumaceus</i>	Papilionaceae
121	<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	Papilionaceae
19	<i>Amorphophallus abyssinicus</i>	Araceae
3	<i>Amorphophallus sp</i>	Araceae
43	<i>Ampelocissus grantii</i>	Ampelidaceae
20	<i>Ampelocissus leonensis</i>	Ampelidaceae
172	<i>Andropogon ascinoidis</i>	Gramineae
236	<i>Andropogon fastigiatus</i>	Gramineae
21	<i>Andropogon gayanus</i>	Gramineae
204	<i>Andropogon pseudapricus</i>	Gramineae
22	<i>Andropogon tectorum</i>	Gramineae
122	<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae
44	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	Combretaceae
174	<i>Apodostigma pelens</i>	
205	<i>Arachis hypogaea</i>	Papilionaceae
184	<i>Aristida adscensionis</i>	Gramineae
230	<i>Aristida kerstingii</i>	Gramineae
89	<i>Aristida mutabilis</i>	Gramineae
23	<i>Asparagus africana</i>	Liliaceae
162	<i>Aspilia helianthoides</i>	Compositae
123	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae
45	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Zygophyllaceae
193	<i>Blepharis linarifolia</i>	Acanthaceae
112	<i>Blepharis maderas patensis</i>	Acanthaceae
5	<i>Bombax costatum</i>	Bombaceae
156	<i>Borreria compressa</i>	Rubiaceae
79	<i>Borreria filifolia</i>	Rubiaceae
46	<i>Borreria filiformis</i>	Rubiaceae
151	<i>Borreria radiata</i>	Rubiaceae
90	<i>Borreria scabra</i>	Rubiaceae
114	<i>Borreria sp</i>	Rubiaceae
229	<i>Borreria stachydea</i>	Rubiaceae
113	<i>Boscia senegalensis</i>	Capparidaceae
163	<i>Brachiara ramosa</i>	Gramineae
137	<i>Brachiaria distichophylla</i>	Gramineae
91	<i>Brachiaria jubata</i>	Gramineae
47	<i>Brachiaria lata</i>	Gramineae
196	<i>Bridelia ferruginea</i>	Euphorbiaceae

241	<i>Bridelia micrantha</i>	Euphorbiaceae
221	<i>Bulbostylis abortiva</i>	Cyperaceae
138	<i>Bulbostylis coleotricha</i>	Cyperaceae
24	<i>Buterospermum paradoxum</i>	Sapotaceae
178	<i>Calotropis procera</i>	Asclepiadaceae
48	<i>Canna indica</i>	Cannaceae
71	<i>Capparis corymbosa</i>	Capparidaceae
147	<i>Caralluma dalzielii</i> of decaisneana	Asclepiadaceae
25	<i>Cassia absus</i>	Caesalpinaceae
157	<i>Cassia mimosoides</i>	Caesalpinaceae
115	<i>Cassia nigricans</i>	Caesalpinaceae
6	<i>Cassia siamea</i>	Caesalpinaceae
116	<i>Cassia sieberiana</i>	Caesalpinaceae
117	<i>Cassia singueana</i>	Caesalpinaceae
104	<i>Cassia torra</i>	Caesalpinaceae
26	<i>Celosia argentea</i>	Acanthaceae
224	<i>Centaurea senegalensis</i>	Compositae
124	<i>Ceratotherca sesamoides</i>	Pedaliaceae
80	<i>Chloris pilosa</i>	Gramineae
141	<i>Chrysanthellium americanum</i>	Compositae
7	<i>Cissus adenocaulis</i>	Ampelidaceae
53	<i>Cochlospermum planchoni</i>	Cochlospermaceae
92	<i>Cochlospermum tinctorium</i>	Cochlospermaceae
49	<i>Combretum aculeatum</i>	Combretaceae
52	<i>Combretum glutinosum</i>	Combretaceae
9	<i>Combretum micranthum</i>	Combretaceae
72	<i>Combretum paniculatum</i>	Combretaceae
152	<i>Commelina aspera</i>	Commelinaceae
8	<i>Commelina benghalensis</i>	Commelinaceae
51	<i>Commelina forsakalaei</i>	Commelinaceae
219	<i>Commelina sp</i>	Commelinaceae
167	<i>Commiphora africana</i>	Burseraceae
223	<i>Corchorus fascicularis</i>	Tiliaceae
206	<i>Corchorus olitorius</i>	Tiliaceae
125	<i>Corchorus tridens</i>	Tiliaceae
50	<i>Coreopsis barteri</i>	Compositae
105	<i>Crinum ornatum</i>	Amaryllidaceae
142	<i>Crossopteryx febrifuga</i>	Rubiaceae
232	<i>Crotalaria mucronata</i>	Papilionaceae
134	<i>Crotalaria onoides</i>	Papilionaceae
143	<i>Crotalaria sp</i>	Papilionaceae
210	<i>Crotalaria vogelii</i>	Papilionaceae
238	<i>Crotalaria retusa</i>	Papilionaceae
81	<i>Cyanotis longifolia</i>	Commelinaceae
139	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	Gramineae
197	<i>Cynanchum hastifolium</i>	Asclepiadaceae
188	<i>Cyperus amabilis</i>	Cyperaceae
158	<i>Cyperus dilatatus</i>	Cyperaceae
212	<i>Cyperus sp</i>	Cyperaceae
54	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Gramineae
175	<i>Detarium microcarpum</i>	Caesalpinaceae
82	<i>Dichrostachys glomerata</i>	Mimosaceae
215	<i>Digitaria gayana</i>	Gramineae
83	<i>Digitaria horizontalis</i>	Gramineae
144	<i>Digitaria lecardii</i>	Gramineae
4	<i>Dioscorea bulbifera</i>	Dioscoreaceae
27	<i>Diospyros mespiliformis</i>	Ebenaceae

106	<i>Echinochloa colona</i>	Gramineae
159	<i>Echinochloa stagnina</i>	Gramineae
93	<i>Elionorus elegans</i>	Gramineae
153	<i>Eragrostis tenella</i>	Gramineae
227	<i>Eragrostis tremula</i>	Gramineae
55	<i>Eragrostis turgida</i>	Gramineae
246	<i>Eucalyptus cemaldulensis</i>	Myrtaceae
198	<i>Euclasta condylotricha</i>	Gramineae
154	<i>Euphorbia convolvuloides</i>	Euphorbiaceae
94	<i>Evolvulus alsinoides</i>	Convolvulaceae
56	<i>Feretia apodenthera</i>	Rubiaceae
247	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	Moraceae
213	<i>Fimbristylus dichotoma</i>	Cyperaceae
242	<i>Gardenia aqualla</i>	Rubiaceae
73	<i>Gardenia erubescens</i>	Rubiaceae
180	<i>Gardenia sokotensis</i>	Rubiaceae
195	<i>Gardenia sp</i>	Rubiaceae
222	<i>Gardenia ternifolia</i>	Rubiaceae
84	<i>Gloriosa simplex</i>	Liliaceae
57	<i>Grewia bicolor</i>	Tiliaceae
95	<i>Grewia villosa</i>	Tiliaceae
58	<i>Guiera senegalensis</i>	Combretaceae
199	<i>Hackelochloa granularis</i>	Gramineae
169	<i>Heliotropium baclei</i>	Boraginaceae
59	<i>Heliotropium strigosum</i>	Boraginaceae
225	<i>Herremia kentrocaulos</i>	Convolvulaceae
181	<i>Hibiscus asper</i>	Malvaceae
96	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvaceae
118	<i>Hibiscus sp</i>	Malvaceae
74	<i>Holarrhena floribunda</i>	Apogynaceae
107	<i>Hygrophila niokoloensis</i>	Acanthaceae
239	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Gramineae
135	<i>Indigofera geminata</i>	Papilionaceae
97	<i>Indigofera lepreurii</i>	Papilionaceae
235	<i>Indigofera microcarpa</i>	Papilionaceae
209	<i>Indigofera nigricans</i>	Papilionaceae
207	<i>Indigofera pilosa</i>	Papilionaceae
126	<i>Indigofera pulchra</i>	Papilionaceae
237	<i>Indigofera senegalensis</i>	Papilionaceae
60	<i>Indigofera sp</i>	Papilionaceae
140	<i>Indigofera stenophylla</i>	Papilionaceae
127	<i>Indigofera tinctoria</i>	Papilionaceae
119	<i>Ipomoea argentaurata</i>	Convolvulaceae
28	<i>Ipomoea blepharophylla</i>	Convolvulaceae
185	<i>Ipomoea coscinosperma</i>	Convolvulaceae
128	<i>Ipomoea eri</i>	Convolvulaceae
10	<i>Khaya senegalensis</i>	Meliaceae
189	<i>Kohautia senegalensis</i>	Rubiaceae
29	<i>Lannea acida</i>	Anacardiaceae
61	<i>Lannea microcarpa</i>	Anacardiaceae
30	<i>Lantana rhodensiensis</i>	Verbenaceae
194	<i>Lepidagathis anobrya</i>	Acanthaceae
129	<i>Leptadenia hastata</i>	Asclepiadaceae
217	<i>Leucas martinicensis</i>	Labiataeae
164	<i>Lippia chevalieri</i>	Verbenaceae
211	<i>Lippia chevalieri</i>	Verbenaceae
130	<i>Lonchocarpus laxiflorus</i>	Papilionaceae
85	<i>Loudetia togoensis</i>	Gramineae

244	<i>Maerua crassifolia</i>	Capparidaceae
98	<i>Maytenus senegalensis</i>	Celastraceae
220	<i>Melochia corchorifolia</i>	Sterculiaceae
62	<i>Microchloa indica</i>	Gramineae
208	<i>Mitracarpus scaber</i>	Rubiaceae
75	<i>Mitragyna inermis</i>	Rubiaceae
31	<i>Monechma ciliatum</i>	Acanthaceae
231	<i>Monechna depauperatum</i>	Acanthaceae
234	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae
86	<i>Murdannia simplex</i>	Commelinaceae
179	<i>Ocimum gratissimum</i>	Labiatae
108	<i>Oryza barthii</i>	Gramineae
11	<i>Oxytenanthera abyssinica</i>	Gramineae
63	<i>Pandiaka heudelotii</i>	Amaranthaceae
109	<i>Panicum anabaptistum</i>	Gramineae
243	<i>Panicum sp</i>	Gramineae
245	<i>Parinaria curatellifolia</i>	Rosaceae
192	<i>Parkia biglobosa</i>	Mimosaceae
110	<i>Paspalum orbiculare</i>	Gramineae
99	<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Gramineae
65	<i>Pennisetum sp</i>	Gramineae
155	<i>Pennisetum typhoides</i>	Gramineae
12	<i>Peristophe sp ou Dicliptera</i>	Acanthaceae
64	<i>Perotis patens</i>	Gramineae
218	<i>Physalis micrantha</i>	Solanaceae
66	<i>Piliostigma reticulatum</i>	Caesalpinaceae
233	<i>Piliostigma thonningii</i>	Caesalpinaceae
87	<i>Polycarpha linearifolia</i>	Caryophyllaceae
132	<i>Polycarpha corymbosa</i>	Caryophyllaceae
176	<i>Polygala sp</i>	Polygalaceae
131	<i>Polygalie arenaria</i>	Polygalaceae
32	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Papilionaceae
226	<i>Rhynchosia minima</i>	Papilionaceae
33	<i>Rottboelia exaltata</i>	Gramineae
200	<i>Saba senegalensis</i>	Apocynaceae
170	<i>Schizachyrium brevifolium</i>	Gramineae
228	<i>Schizachyrium exile</i>	Gramineae
186	<i>Schoenfeldia gracilis</i>	Gramineae
216	<i>Schyzachyrium sanguineum</i>	Gramineae
214	<i>Scleria sp</i>	
76	<i>Sclerocarya birrea</i>	Anacardiaceae
77	<i>Securinega virosa</i>	Euphorbiaceae
88	<i>Sesbania pachycarpa</i>	Papilionaceae
13	<i>Setaria barbata</i>	Gramineae
67	<i>Setaria pallide-fusca</i>	Gramineae
160	<i>Setaria sphacelata</i>	Gramineae
187	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae
111	<i>Sida alba</i>	Malvaceae
120	<i>Sida ovata</i>	Malvaceae
202	<i>Sorghum bicolor</i>	Gramineae
34	<i>Spigelia exaltata</i>	Loganiaceae
171	<i>Sporobolus festivus</i>	Gramineae
148	<i>Sporobolus microprotus</i>	Gramineae
161	<i>Sporobolus pyramidalis</i>	Gramineae
201	<i>Sterculia setigera</i>	Sterculiaceae
35	<i>Stereospermum kunthianum</i>	Bignoniaceae
136	<i>Striga hermontheca</i>	Scrophulariaceae
173	<i>Strychnos spinosa</i>	Loganiaceae

14	Stylochiton hypogaeus	Araceae
68	Stylochiton lancifolius	Araceae
165	Stylosanthes erecta	Papilionaceae
36	Tacca leontopetaloidus	Taccaceae
149	Tamarindus indica	Caesalpinaceae
145	Tapinanthus banguensis	Loranthaceae
15	Tecktona grandis	Verbenaceae
37	Tephrosia bracteolata	Papilionaceae
133	Terminalia avicennioides	Combretaceae
182	Terminalia macroptera	Combretaceae
100	Tinnea barteri	Labiataceae
168	Tripogon minimus	Gramineae
101	Triumfetta rhomboidea	Tiliaceae
190	Vetiveria nigrifolia	Gramineae
191	Vigna nigrifolia	Papilionaceae
203	Vigna unguiculata	Papilionaceae
183	Waltheria indica	Sterculiaceae
38	Wissadula amplissima	Malvaceae
69	Ximena americana	Oleaceae
146	Ziziphus mauritiana	Rhamnaceae
16	Ziziphus mucronata	Rhamnaceae
240	Ziziphus spina-christi	Rhamnaceae
70	Zornia glochidiata	Papilionaceae

ITC RELEVÉ DATA SHEET

ITC Department of Vegetation and Agricultural Land Use Survey

PHOTO NO. (number etc.)		Area, Country, etc.				DATE day / month / year		NO.			
PRELIMINARY LEGEND SYMBOL:		SIZE SAMPLE m ² :		ALTITUDE IN M.:		FINAL CLASSIFICATION (not for field use)					
PRELIMINARY LANDUNIT NAME:		OBSERVER(S):				LAND		SYMBOL			
TERRAIN DATA											
SAMPLE # and ELEMENT					MAPPING UNIT and/or TERRAIN UNIT					VEGETATION	
ROCK LITHOLOGY										form	
GEOLOGICAL FORMATION										composition	
LANDFORM										SOIL	
SLOPE TYPE straight, concave, convex, irregular										SYMBOL	
SLOPE %		EXPOSURE (aspect in °)		RELIEF TYPE - Almost flat (< 2%) - Undulating (3 - 7%) - Rolling (8 - 13%) - Hilly (14 - 20%) - Steeply dissected (21 - 55%) - Mountainous		RELIEF INTENSITY		LANDFORM (HYDROLOGY)			
LENGTH:		N, NE, E, SE, S, SW, W, NW						SYMBOL			
MICRO- MESO RELIEF										ROCK (LITHOLOGY)	
REMARKS: (general erosion features, genesis, hydrological aspects)										SYMBOL	
GEOLOGICAL FORMATION										SYMBOL	
SOIL AND WATER DATA											
SOIL DRAINAGE:					RUNOFF:		FLOODING:			ACCELERATED EROSION:	
very poorly, well, poorly, somewhat imperfectly, moderately, excessively					ponded, rapid, very slow, very rapid, slow, medium		none, frequent tidal (daily, weekly, monthly), frequent regular (monthly/yearly), frequent irregular, irregular / rare			none, very low sheet, low, moderate, strong, severe	
PRELIMINARY SOIL CLASSIFICATION											
Horizon symbol	DEPTH cm	TEXTURE	COLOR	PH	HCl	MOTTLING	CONSISTENCE	STRUCTURE (loading)	REMARKS		
									indicate ground water with --- depth in cm		
VEGETATION DATA (for species list see overleaf)											
GENERAL PHYSIOGNOMY (dominant formation, succession stage)					LANDUSE					PRELIMINARY VEGETATION CLASSIFICATION	
										form	
										composition	
STRATA	TREE	H. SHRUB	L. SHRUB	H. HERB	L. HERB	MOSS	Total real cover		OTHER OBSERVATIONS ON VEGETATION AND ANIMALS		
							%				
HEIGHT dm											
Fresh WEIGHT DATA g/m ²											
1	2	3	4	5	6 (1-m)	C. s.w.d. sample		Fresh mass symbol			
6	7	8	9	10	b. s.w.d. sample		g/m ²				

5. PROTOCOL BIOASSAY

Doel: nagaan welke nutriënten (N, P en K) beperkend zijn voor de groei van mais op een achttal verschillende bodemtypes.

Bodems van twee verschillende locaties:

1. Bois de Barrage (beschermd bodem)
2. Nioko II (onbeschermd bodem)

Vier bodems per locatie:

1. Bas-fond
2. Pente bas
3. Pente haute
4. Plateau

Vijf voedingsoplossingen per bodem:

1. Compleet (NPK)
2. -N (N ontbreekt)
3. -P (P ontbreekt)
4. -K (K ontbreekt)
5. Blanco (gedestilleerd water)

Totaal 40 potten in het experiment.

Materiaal

- 40 witte emmers met een inhoud van \pm 5.5 liter elk
- 40 gele polyester plaatjes met een afmeting van 25x25x0.2 cm met gaten van een \varnothing 2 mm.
- 40 grijze pvc ringen \varnothing 20 cm en hoogte 10 cm.
- voedingsoplossingen volgens B.S Meyer en D.B Anderson; Laboratory Plant Physiology D. van Nostrand Company Inc.; aug 1946; Expt. 111; p 62.
- Mais (var. Jaune Flint) betrokken van Bureau des Semences te Ouagadougou.

Methode

1. Voedingsoplossingen

Tabel 1: afgewogen hoeveelheden (g) van de verschillende nutriënten voor de verschillende oplossingen.

solution meres	concentration (g/l)	solution complete (g)	solution N (g)	solution P (g)	solution K (g)
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	11,8	59,08		59,02	59,04
KNO ₃	10,1	25,30		25,27	
KH ₂ PO ₄	13,6	6,8	6,8		
MgSO ₄ ·7H ₂ O	12,3	12,39	36,90	36,90	36,90
CaCl ₂ ·2H ₂ O	7,35	36,82	3,65		
KCl	7,5	18,77	3,75		
NaNO ₃	8,5				21,26
NaH ₂ PO ₄ pur sec	13,8				6,91
H ₃ BO ₃	2,86	0,58	0,58	0,58	0,58
MnSO ₄ ·H ₂ O*		0,32	0,32	0,32	0,32
ZnCl ₂	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12
CuCl ₂ ·2H ₂ O	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
EDTA	1,34/500 ml				
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,99/500 ml				

* MnCl₂·4H₂O zoals voorgeschreven in het recept was niet verkrijgbaar. Gekozen is vervolgens voor MnSO₄·H₂O waarbij berekend is hoeveel g MnSO₄ nodig is om dezelfde Mn concentratie te krijgen als bij MnCl₂. Dit is berekend volgens onderstaande berekening: 1 M MnCl₂·4H₂O = 198 g.
1,81 g MnCl₂·4H₂O = x M => x = 1,81/198 = 0,0091 M.
1 M MnSO₄·H₂O = 169,01 g.
Voor een zelfde concentratie MnSO₄·H₂O is nodig
169,01 x 0,0091 = 1,54 g MnSO₄·H₂O

Iedere emmer bevat 5,5 l voedingsoplossing met voor iedere reeks een andere samenstelling aan nutriënten. Voor de hoeveelheden ml per liter oplossing zie tabel 2

Tabel 2: Hoeveelheid moederoplossing (in ml) nodig voor 1 l van de verschillende oplossingen. Per oplossing is 8 maal 5,5 l gedestilleerd water met daarin de voedingsoplossingen nodig.

solutions meres	solution complete	solutions N	carences P	en K
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	100		100	100
KNO ₃	50		50	
KH ₂ PO ₄	10	10		
MgSO ₄ ·7H ₂ O	20	20	20	20
CaCl ₂	100	10		
KCl	50	10		
NaNO ₃				50
NaH ₂ PO ₄				10
Solution fer	1	1	1	1
Micro elements	1	1	1	1

2. Randomiseren potten

De verschillende combinaties van bodems met voedingsoplossingen zijn genummerd van 1-40 volgens Tabel 3.

Tabel 3: nummering van de mogelijke combinaties tussen bodem en voedingsoplossing.

	Bois de Barrage				Nioko II			
	Bas-fond	Pente b.	Pente h.	Plateau	Bas-fond	Pente b.	Pente h.	Plateau
Complete	1	6	11	16	21	26	31	36
-N	2	7	12	17	22	27	32	37
-P	3	8	13	18	23	28	33	38
-K	4	9	14	19	24	29	34	39
Blanco	5	10	15	20	25	30	35	40

De mogelijke posities in de kas zijn genummerd van 1-8 voor de kolommen en van A-E voor de rijen. D.m.v het trekken van lootjes werden de 40 nummers verdeeld over de mogelijke posities. Waarbij het eerst getrokken lot positie A1, het tweede A2, etc. kreeg. De positie van de potten is dan als volgt (Tabel 4).

Tabel 4: positie van de potten in de kas na randomiseren.

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	5	35	38	6	25	11	19	39
B	1	27	3	20	13	14	12	21
C	23	34	17	29	16	8	4	40
D	33	9	28	2	15	18	7	10
E	24	32	31	26	22	37	36	30

3. Neutraliseren

De optimum pH voor een goede groei ligt tussen 5,5 en 6,5. M.b.v. pH papier (Tri Test van Machery Nagel pH 1-11) is de pH van iedere pot vastgesteld. Er is geneutraliseerd met 0,1 N NaOH en 0,1 N HCl. Vrijwel alle oplossingen hadden een pH van ± 5 . M.b.v. ± 15 ml NaOH kon de pH op bijna 6 gebracht worden. In drie gevallen was meer NaOH nodig. De pH is niet precies op 6 gebracht vanwege de verwachte stijging van pH vanwege ionen absorptie door de wortels gedurende het experiment. Wel lag de pH dicht bij 6 dan bij 5,5.

4. Bodems

De 8 bodemtypes zijn verzameld op dezelfde plaatsen waar ook de vegetatie opnamen gemaakt zijn. Per bodemtype werden op 5 random gekozen plaatsen monsters (van gelijke grootte) gestoken. De bodems werden verzameld van de eerste 20 cm. In het lab werden de 5 monsters gemengd en de kluiten 'gemalen'. Op iedere pot werd 5 cm grond aangebracht en vervolgens voor het zaaien bevochtigd met 150 ml water per pot.

5. Zaaïen en zaaigoed

Het zaaigoed (maïs var. Jaune Flint) werd gesorteerd op grootte. Volle zaden vanaf medium grootte en zonder beschadigingen werden uitgeselecteerd. Van een honderdtal geselecteerde zaden is per tiental het zaadgewicht bepaald (Tabel 5)

Tabel 5: zaadgewicht maïs var. Jaune Flint gebruikt voor de Bouma Janssen potproef.

	zaadgewicht per 10 zaden (g)		zaadgewicht per 10 zaden (g)
1	2.47	6	2.50
2	2.32	7	2.45
3	2.43	8	2.40
4	2.42	9	2.52
5	2.46	10	2.46

Per pot werden 13 zaden gezaaid op een diepte van ± 1 cm volgens onderstaand patroon.

x

```

          x             x
            x         x
      x         x             x
            x         x
          x             x
                x

```

Er werd zoveel mogelijk voor gezorgd dat de zaden dezelfde uitgangssituatie hadden door de zaden met de 'punt' naar beneden uit te zaaien. Na het zaaien op 6/1 werd weer ± 150 ml water per pot gegeven. Vervolgens werd dagelijks ± 100 ml water per pot gegeven. De opkomst van het maïszaad werd gevolgd evenals de lengte groei (Tabel 6). Op 2/2 werd de maïs geoogst, gedurende twee dagen bij 57°C gedroogd in een droogstoof en teruggewogen (Tabel 7)

Tabel 6: opkomst maiszaad en lengte van de maïs (voor planten > 10 mm) in het bioassay experiment. Zaaidatum 6/1.

no	aantal spruiten							spruitlengte (mm)														
	10/1	11/1	12/1	13/1	14/1	15/1	16/1	13/1		18/1		21/1		28/1		2/2						
	n	x	σ_{n-1}	n	x	σ_{n-1}	n	x	σ_{n-1}	n	x	σ_{n-1}	n	x	σ_{n-1}	n	x	σ_{n-1}				
Bois de Barrage																						
Bf 1	1	5	10	13	13	13	13	10	33	15	13	172	34	13	264	73	13	428	161	13	443	170
2	-	1	5	9	13	13	13	5	23	15	13	90	29	13	140	33	13	215	57	13	243	69
3	-	-	4	11	12	12	13	7	20	7	13	115	48	13	176	82	13	257	126	13	301	110
4	1	4	8	13	13	13	13	11	21	8	13	147	38	13	230	89	13	347	151	13	404	180
5	1	2	10	13	13	13	13	10	24	7	13	149	17	13	177	23	13	238	34	13	256	76
Pb 6	-	4	10	12	13	13	13	10	33	8	12	128	21	12	197	51	12	340	152	12	423	140
7	-	2	7	10	11	11	12	7	19	6	11	83	27	11	116	37	10	184	27	10	212	31
8	-	9	13	13	13	13	13	13	25	7	13	117	38	13	183	63	13	306	67	13	337	60
9	-	4	10	11	12	12	12	10	30	10	12	121	42	12	195	90	11	334	130	11	371	138
10	-	2	7	13	13	13	13	6	20	6	13	101	31	13	137	33	13	186	39	13	202	43
Ph 11	-	4	12	13	13	13	13	11	31	8	13	123	32	13	187	70	13	337	156	13	390	188
12	-	5	12	12	12	13	13	10	25	7	12	104	35	13	125	50	12	187	59	12	221	68
13	-	5	12	13	13	13	13	12	35	7	13	132	24	13	191	52	13	287	88	13	317	88
14	-	4	11	12	12	12	12	11	35	11	12	144	30	12	217	71	12	404	97	12	490	108
15	-	1	10	12	12	12	12	11	23	7	12	111	16	12	131	19	12	183	27	12	195	29
Pl 16	1	11	12	12	12	12	12	12	35	8	12	168	31	12	250	78	12	431	174	12	498	205
17	2	6	12	13	13	13	13	11	38	14	12	130	38	12	157	42	12	205	54	12	227	64
18	-	2	13	13	13	13	13	13	23	8	13	134	25	13	185	44	13	248	79	13	273	80
19	-	3	10	10	11	11	11	9	26	6	11	161	13	11	235	56	11	359	149	11	389	158
20	1	6	13	13	13	13	13	12	29	11	13	13	37	13	156	38	13	194	49	13	210	47
Nioko II																						
Bf 21	-	-	6	7	7	9	9	6	29	9	10	108	53	10	170	84	10	287	158	10	320	160
22	-	-	3	5	5	5	5	3	17	2	3	90	30	3	120	31	3	172	47	3	188	49
23	-	1	4	8	9	10	11	4	35	25	10	133	44	12	172	87	10	272	121	10	306	86
24	1	1	2	4	4	4	4	4	1	0	2	81	11	2	113	0	2	250	1	2	334	8
25	1	1	5	7	8	8	8	4	27	14	6	97	34	6	134	31	6	197	32	6	222	44
Pb 26	-	-	2	8	9	9	11	3	12	0	12	88	52	11	160	88	11	289	204	11	317	233
27	-	4	7	9	10	10	10	7	33	8	11	117	32	11	153	32	11	208	52	11	227	60
28	-	1	8	9	10	12	12	4	22	8	12	81	52	13	127	68	13	233	99	13	264	109
29	-	1	9	10	10	10	10	4	18	5	12	74	38	13	116	60	13	203	99	13	244	94
30	-	-	3	9	12	12	13	2	13	1	13	74	31	13	91	41	11	139	37	11	152	43
Ph 31	-	1	10	12	12	12	12	11	21	10	12	133	38	12	200	74	12	335	164	11	360	190
32	-	4	10	11	12	12	12	10	31	9	12	118	35	12	143	27	12	175	34	12	189	32
33	-	4	8	11	12	12	12	9	29	13	13	128	42	12	199	75	11	302	91	11	325	87
34	3	9	12	12	12	12	12	12	37	10	12	157	32	12	228	66	13	337	118	12	379	128
35	2	4	13	13	13	13	13	12	31	9	13	130	29	13	157	40	13	189	46	13	196	47
Pl 36	-	3	12	12	12	12	12	12	26	10	13	104	41	13	141	66	13	286	133	13	374	175
37	3	7	12	13	13	13	13	13	36	12	13	123	21	13	144	21	13	180	24	13	192	25
38	2	11	13	13	13	13	13	13	45	7	13	161	34	13	224	65	13	308	73	13	324	78
39	-	3	9	12	12	12	12	8	25	7	12	122	28	12	169	51	12	307	99	12	363	90
40	1	9	10	11	11	11	11	10	36	10	11	107	23	11	122	27	11	145	21	11	155	24

Tabel 7: Drooggewicht van de maïs per pot en per plant in de Bouma Janssen potproef.

pot no.	aantal planten	gewicht/ pot (g)	gewicht/ plant (g)	pot no.	aantal planten	gewicht/ pot (g)	gewicht/ plant (g)
1	13	17.50	1.35	20	13	1.82	.14
2	13	2.64	.20	21	11	7.30	.66
3	13	3.24	.25	22	3	.36	.12
4	12	9.82	.82	23	10	2.75	.28
5	13	3.10	.24	24	2	.72	.36
6	12	8.75	.73	25	6	.99	.17
7	10	1.57	.16	26	11	8.83	.80
8	13	3.45	.27	27	11	2.08	.19
9	12	5.24	.44	28	13	2.61	.20
10	13	1.79	.14	29	13	2.24	.17
11	13	8.58	.66	30	11	.96	.09
12	11	1.69	.15	31	12	11.46	.96
13	13	3.37	.26	32	12	1.61	.13
14	12	9.36	.78	33	11	3.18	.29
15	12	1.51	.13	34	12	5.56	.46
16	12	25.83	2.15	35	13	1.84	.14
17	12	2.59	.22	36	13	7.68	.59
18	13	2.93	.23	37	13	1.85	.14
19	11	6.64	.60	38	13	5.10	.39
				39	12	4.86	.41
				40	11	1.33	.12