

# VERDAMPING, AFLOOP EN EROSIE

(With summary in English)

P J Möhr, Afdeling Landbou, Nasionale Misstowwe (Edms) Bpk

## Uittreksel

Die reënvalpatroon van die Republiek van Suid-Afrika is uiters ongunstig. 'n Relatiewe hoë frekwensie van ligte minderwaardige en swaar donderbuie, waarvan 'n groot deel afloop, kom voor. Gepaard hiermee is direkte verliese deur verdamping baie hoog.

Verdamping kan alleenlik verlaag word deur 'n beperking van die stralingsenergiebron en/of die dampverwyderingsmeganisme. Deklae, veral die van plantreste, is seker die mees doeltreffendste praktiese metode bekend ter verwesenliking hiervan.

Behalwe deur toepassing van die stratifikasiebeginsel, bestaan daar origens geen bewerkingsmetode wat verdamping as sulks sal verminder nie. Trouens, in meeste gevalle word dit verhoog.

Afloop vind hoofsaaklik plaas as gevolg van die toeslaan van grond deur reëndruppels. Binne perke speel totale reënval en helling slegs 'n geringe rol in dié verband. Plantresdeklae kan 'n wesentlike bydrae tot die verlaging van afloop lewer, grootliks weens grondbeskerming teen toeslaan.

Reëndrupperosie is die eerste en mees kritiese stap in die hele erosieproses, en enige beheermaatreëls moet primêr hierop ingestel wees. Eweneens kan plantresdeklae in dié verband 'n hoogs betekenisvolle bydrae lewer.

Die waarde van plantresdeklae lê eerder in die verlaging van afloop en erosie as in die vermindering van verdamping.

In die benutting van reënval moet die konsep dat reën net so 'n produksiefaktor as kunsmis, saad, brandstof, ensomeer is, by die boer tuisgebring word. Die klem moet verskuif vanaf die 'grondbewaring vir die land en nageslag-konsep' na die 'wins of ekonomiese-konsep'.

## Inleiding

Meer as die helfte van die totale oppervlakte van die Republiek van Suid-Afrika ontvang minder as die 475 mm gemiddeld en ongeveer 'n derde van die oppervlakte, 250 mm en minder. 'n Algemene kenmerk van die reënval is die relatiewe hoë frekwensie van ligte minderwaardige buie wat weinig bydra tot grondvogaanvulling, en swaar donderbuie waarvan 'n groot gedeelte weer afloop. Waar die jaarlikse reënval laer as 125 mm is, is die gemiddelde afloop slegs 0.4 persent en minder, maar waar die reënval styg tot 2 500 mm kan die afloop so hoog as 80-90 persent van die reënval wees. 'n Verdere kenmerk is dat hoe laer die reënval, hoe groter die afwykings om die betrokke gemiddeld.

Afgesien van afloop en gevolglik gepaardgaande erosieverliese wat volgens skatting nagenoeg 400 miljoen ton (362 milj tonne) grond per jaar beloop, word bereken dat meer as 50 persent van die totale reënval direk, sonder benutting van enige aard, na die atmosfeer deur verdamping verlore gaan, en meer as 90 persent deur evapotranspirasie.

Teen die voorafgaande beknopte agtergrond kan geredelik aanvaar word dat die reënvalpatroon van Suid-Afrika globaal uiters ongunstig is, en by verre nog nie optimaal benut word nie.

Die doel van hierdie referaat is egter nie om die toepassing van verskillende praktiese metodes ter verhoging van reënvaldoeltreffendheid in die landbousektor te bespreek nie, maar slegs enkele beginsels ten opsigte van vogverliese deur verdamping en afloop, en grondverliese deur erosie.

## Verdamping

Verdamping vanaf 'n grondoppervlakte is 'n te gekompliseerde proses om in terme van al die talle faktore wat dit beïnvloed, uit te druk (Richards, Hagan & McCalla, 1952). Deur metings van sekere klimatologiese faktore is dit egter wel moontlik om potensiële verdamping, gebasseer op dié vanaf 'n vry-watervlak, te voorspel. Ook is die fisiese proses van verdamping as sulks relatief eenvoudig definieërbaar (Thompson, 1964). Volgens Vorster (1959) is die twee basiese vereistes vir aanhoudende verdamping 'n energiebron vir voorsiening van latente hitte, en 'n meganisme vir verwydering van waterdamp vanaf die verdampingsoppervlakte. Die bron is natuurlik stralingsenergie vanaf die son, en die meganisme hoofsaaklik windbeweging en relatiewe lugvogtigheid. In dié praktyk kan verdamping dus alleenlik verminder of uitgeskakel word deur beperking van òf die bron òf die verwyderingsmeganisme òf van beide — dit wil sê 'n onderskepping van stralingsenergie en/of 'n stremming van opwaartse dampbeweging.

Die enigste praktiese metode bekend ter verwesenliking hiervan, is die toepassing van een of ander deklaagvorm (sogenaamde 'mulches') waarvan plantreste seker die mees algemeenste gebruik word. Alhoewel 'n magdom van resultate in dié verband reeds gepubliseer is, is daar tog heelwat teenstrydige menings ten opsigte van

- (a) die presiese meganisme waardeur plantresdeklae verdamping verminder, en
- (b) die relatiewe waarde van plantresdeklae in dié opsig.

Werkers soos Marais (1953) beweer dat plantresdeklae verdamping hoofsaaklik verminder weens 'n verlaging van grondtemperatuur. Möhr (1966) te Pretoria vind egter dat die rol van grondtemperatuur weglaatbaar klein is in geval van 'n nat grond met voggehalte by veldkapasiteit en hoër, aangesien gevind is dat verdamping aansienlik verminder is deur 'n stronkdeklag maar nie grondtemperatuur nie. By 'n baie droë grond (voggehalte by verwelkpunt en laer) daarenteen, is die grondtemperatuur wesentlik verlaag maar nie verdamping nie omdat grondvog self die beperkende faktor was. By 'n intermedieë vogtoestand egter, is beide verdamping en temperatuur verlaag en is die korrelasie heelwaarskynlik betekenisvol. Verder is gevind dat plantreste soos mieliestronke, 'n baie lae hittegeleidingsvermoë het wat natuurlik ook 'n wesentlike bydrae tot verminderde verdamping kan lewer. Die presiese meganisme waardeur 'n stronkdeklag byvoorbeeld verdamping verminder is natuurlik meer gekompliseerd as wat vervat is in bogenoemde kort bespreking, aangesien faktore soos verminderde windbeweging, verhoogde relatiewe lugvogtigheid tussen stronk en grondoppervlakte ensomeer, eweneens van belang is. Hierteenoor is die wyse waarop relatief ondeurdringbare deklae soos plastiek, papierpulp en petroleum-emulsies verdamping verlaag, 'n redelik eenvoudige proses.

Wat teenstrydighede ten opsigte van die relatiewe

waarde van plantresdeklae ter verdampingvermindering aanbetref, het Möhr (1966), ná 'n oorsig van talle publikasies tot die gevolgtrekking gekom dat waar verdamping nie wesentlik verlaag is nie, plantreste in feitlik elke geval gedeeltelik ingewerk is. Waar verdamping wel verlaag is, is die betrokke plantresdeklae min of meer op die grondoppervlakte gehandhaaf. 'n Ondersoek in opvolging hiervan het getoon dat vogbeweging en verdamping deur stronkseks wat gedeeltelik ingewerk is, inderwaarheid selfs hoër kan wees as vanaf kaal grond.

Sekere gevolgtrekkings van hierdie en verwante studies deur Möhr (1966) is

- (a) dat die fisiese invloed van 'n suiwer deklaag aansienlik kan verskil van dié van gedeeltelik ingewerkte plantreste, en
- (b) dat die waarde van 'n plantresdeklaagpraktyk eerder evalueer behoort te word op basis van die tydsduur wat dit vir die betrokke bedekte grond neem om verweltpunt te bereik, as op basis van die direkte invloed op verdamping.

Ter illustrasie van laasgenoemde gevolgtrekking word enkele resultate van die ondersoek in Tabelle 1 en 2 aangebied (Möhr 1966).

TABEL 1 Tydsduur om permanente verweltpunt in grond te bereik met Sonneblomplantjies as indikator

Stronkdeklaag (ton/morg)*	Getal dae langer as kontrole
0	—
1	0
2	3
4	7
6	10
8	14
10	15

\*1 ton/morg = 1.06 tonne/ha

TABEL 2 Tydsduur om verweltpunt van grond gedurende 'n somer- en winterperiode te bereik

Stronkdeklaag (ton/morg)	Getal dae	
	Somerperiode	Winterperiode
0	34 (—)*	78 (—)
2	40 (6)	84 (6)
4	43 (9)	95 (17)
6	47 (11)	99 (21)

\*Syfers tussen hakies dui verskil tussen onbedekte kontrole en deklaagbehandelings aan.

Van Tabel 1 kan onder andere afgelei word dat die gunstige invloed van die deklaag nagenoeg die patroon van die 'Wet van Dalende Meeropbrengste' volg, terwyl volgens Tabel 2, daar nie so 'n groot verskil in effektiwiteit van die deklae gedurende die somer- en winterperiodes is nie.

Grondbewerking as sulks kan nie verdamping verminder nie. Eerder veroorsaak enige vorm van grondbewerking of -losmaak 'n toename in verdamping. By onversteurde grond raak die grond 'self mulched' nadat die boonste laagie uitgedroog het, en verdamping neem aansienlik af. Die sogenaamde 'grondkometers' wat vroeër as van waarde deur werkers soos King (1907) beskou is, is reeds in 1927 deur Veihmeyer weerspreek waar hy getoon het dat hierdie praktyk slegs verdamping sal verminder mits 'n vry-watertafel vlakliggend voorkom. In so 'n geval kan kapillêre vogbeweging wel plaasvind. Onder normale omstandighede egter beweeg grondvog opwaarts hoofsaaklik in dampvorm sodat losmaak van die bogrond kwalik 'n effek kan hê. Veel eerder lê die waarde van 'n grondkometers, soos in die

praktyk al gevind, in onkruidbeheer, belugting, en tydelike verhoogde infiltrasie.

Daar bestaan egter 'n beginsel waardeur verdamping wel verminder kan word en dit is die sogenaamde stratifikasie van grondlae (Kolasew, 1941, soos aangehaal deur Lemon, 1956). Trouens, hierdie beginsel word reeds suksesvol by sekere tipes koringdrukwielpanters aangewend. Kortliks kom dit daarop neer dat 'n lagie droë grond bo-op 'n laag gekompakteerde nat grond geplaas word in welke geval die sisteem geheel verbreek word. Onder sodanige toestande het die los lagie grond min of meer dieselfde uitwerking as 'n suiwer deklaag.

Afgesien van die gunstige invloed wat veral plantresdeklae op verdamping kan uitoefen, is dit nogtans twyfelagtig of hierdie effek 'n beduidende bydrae ten opsigte van verhoging van reënvaldoeltreffendheid sal lewer. Die rede is dat die orde van die gunstige invloed van sodanige praktyke op infiltrasie en afloop soveel groter is as dié op verdamping. Hierteenoor kan aanvaar word dat die effek van 'n deklaag om verdamping te verminder, wel aansienlik verhoog soos dit meer ondeurdringbaar raak vir dampbeweging. Voorbeelde van hierdie tipe deklae is oorbekend. Weens verskeie ekonomiese en praktiese redes egter, is die gebruik daarvan beperk.

### Afloop en erosie

Aangesien erosie so nou aan afloop gekoppel is, word dié twee aspekte saam bespreek.

Afloop vind natuurlik plaas sodra die neerslag die infiltrasietempo van die grond oorskrei. Faktore van belang is reënvalintensiteit en nie soseer hoeveelheid nie, infiltrasievermoë van die grond wat bepaal word deur tekstuur, struktuur ensomeer, aard van plantbedekking, en tot 'n veel mindere mate, die helling.

Die belangrikste rede vir verlaagde infiltrasie is die toeslaan van grond deur reëndruppels. Ondersoekingswerk deur Dulley (1948, 1954) toon dat hierdie korslagie 'n veel groter invloed op waterindringing uitoefen as grontipe, -voginhoud of -profielenskappe.

Waar gronde doeltreffend beskerm word deur groeiende plante of plantreste kan die infiltrasietempo grootliks gehandhaaf word. Verwysings in die verband is oorbekend. As voorbeeld kan egter die werk van Donahue (1961) in Nebraska aangehaal word, waar hy gevind het dat 79 persent van die reën op onbedekte grond afloop teenoor 61 persent waar 2 ton (1.8 tonne) koringstrooi per acre gedeeltelik ingewerk is, en 46 persent waar dit op die oppervlakte gelaat is.

Streng gesproke verhoog 'n plantres- of ander deklaag nie soseer infiltrasie nie maar handhaaf in 'n meerdere of mindere mate net die inisiële infiltrasievermoë van die grond, terwyl dit by onbedekte grond verlaag. Möhr (1966) het partikelgrootte-ontledings gedoen van die korslagie (ongeveer 2 mm dik) en van dieselfde dikte lagie van stonkbedekte grond. Die resultate word in Tabel 3 aangebied.

TABEL 3 Partikelgroottes van die boonste 2 mm grond

Fraksie	Onbedekte grond (kors)	Bedekte grond
	%	%
Growwe sand (2.0—0.2 mm)	52.9	63.1
Fyn sand (0.2—0.02 mm)	12.1	10.9
Slik (0.02—0.002 mm)	9.0	9.0
Slik (0.02—0.002 mm)	9.0	9.0
Klei (<0.002)	26.0	17.0

Volgens die resultate in die tabel het die 'tekstuur' van die bodem feitlik verander ten gunste van die bedekte grond. Dit is dan ook wat gewoonlik gevind word met toeslaan, naamlik dat die growwer gronddeeltjies deur spaterosie verwyder word terwyl die fyner deeltjies as gevolg van groter kohesiekragte agterbly en 'n hegte en digter lagie vorm.

Enige vorm van grondlosmaak sal natuurlik 'n tydelike invloed op infiltrasie uitoefen. Tensy hierdie losgemaakte grond gelyktydig ook beskerm word, is genoemde invloed egter van korte duur. Trouens, die onoordeelkundige losmaak of bewerking van die grond kan eerder 'n nadeel as 'n voordeel wees indien swaar buite neersak.

Volgens Van Heerden (1959) is afloopwater alleen nie verantwoordelik vir erosie nie. Dit is die gevolg van 'n noue aaneenskakeling van verskillende faktore waarvan die vernietiging van die grondoppervlaktestruktuur deur vallende druppels van die belangrikste is. Reëndruppels verhoog ook die energie van vlakvloeiende afloopwater. Spaterosie as sulks is 'n onderafdeling van reëndruppelerosie en het slegs te doen met die vervoer van grond oor kort afstande deur middel van druppelspatsele. Talle werkers soos Hudson & Jackson (1959) beskou die vallende reëndruppels as die eerste en belangrikste stap in die erosieproses, en dat erosiebeheer basies bepaal word deur die mate van energieverlaging van die vallende druppel. Die geweldige erosiekrag wat in die reëndruppel opgesluit lê word duidelik geïllustreer deur die bekende 'gaasdraadproef' van Hudson & Jackson (1959) waar die gemiddelde erosie in ton/acre vir 'n ses-jaar periode slegs 0.7 (1.6 tonne/ha) by gaasdraadbedekte grond was teenoor 85.8 (192 tonne/ha) by onbedekte grond. In dieselfde proef met 'n digte stand van *Digitaria swazilandensis*, was die erosie 0.6 ton/acre (1.4 tonne/ha) wat impliseer dat die vermoë van die gras om erosie te beheer hoofsaaklik toe te skryf is aan die onderskepping van die reëndruppelenergie, en nie soseer aan 'n vermindering van afloopspoed nie. So vind Borst & Woodburn (1942) geen verskil in erosie met 'n plantresdeklaag op grond en met dieselfde hoeveelheid deklaag 'n duim bokant die grond gesuspendeer nie.

Die relatiewe waarde van 'n plantresdeklaag om erosie te beheer word so belangrik geag dat Osborn (1954) byvoorbeeld in 'n empiriese vergelyking, waarvolgens die effektiwiteit van 'n deklaag bereken kan word, nie eers faktore soos helling, reënval en selfs grondtipe insluit nie. Trouens, dit is bekend dat totale reënval en helling binne perke, baie swak met erosie korreleer (Hudson 1961). Wat afloop aanbetref, speel helling 'n nog kleiner rol as by erosie soos getoon Craddock & Pearce (1938), Haylett (1960), Möhr (1966) en talle andere.

Onder kunsmatige toestande te Pretoria het Möhr (1966) die volgende relatiewe afloop- en erosiewaardes, anders enkele van die helling- en stronkdeklaagbehandelings toegepas in die ondersoek, gevind (sien Tabela 4 en 5).

TABEL 4 Gemiddeld aflooppercentasies van reën toegedien by toenemende hellings en hoeveelhede stronkdeklaag

Stronkdeklaag (ton/morg)	Hellings				
	0%	2%	4%	10%	20%
0	83	87	89	94	98
1	59	60	68	81	91
2	37	49	56	72	85
4	14	37	48	62	69
10	10	17	31	36	39
20	6	7	8	15	18

TABEL 5 Gemiddelde gronderosie in ton per morg by toenemende hellings en hoeveelhede stronkdeklaag

Stronkdeklaag (ton/morg)	Hellings				
	0%	2%	4%	10%	20%
0	0.80	0.95	1.22	11.00	17.91
1	—*	—	0.26	7.40	9.06
2	—	—	—	4.22	6.78
4	—	—	—	3.61	4.34
10	—	—	—	—	2.51
20	—	—	—	—	—

\*Geen erosie

Die groot invloed van die deklaag op beide afloop en erosie word duidelik weerspieël in die gegewens. Enkele verdere interessante is dat helling relatief 'n kleiner invloed op afloop as op erosie uitoefen tot by 'n sekere hoeveelheid stronke of dikte deklaag. Deur 'n verdere verhoging van die hoeveelheid stronke egter, is erosie heeltemal beheer terwyl nog 'n mate van afloop plaasgevind het.

### Bespreking

Afgesien van die waarde van deklaag ter verhoging van reënvaldoeltreffendheid, is daar natuurlik talle ander produksiepraktyke soos bewerking, plantpopulasie, bemesting, gewastipe, kontoerwalle, ensomeer, wat variërende bydraes hiertoe kan lewer. Elk van hierdie aspekte regverdig opsigself 'n volwaardige referaat. Slegs is daar gepoog om met behulp van die invloed van deklaag enkele beginsels kortliks maar geensins volledig nie, te weerga.

Dit is duidelik dat die waarde van deklaag veel eerder in afloop- en erosiebeheer gesetel is as in die vermindering van verdamping. Die orde van die gunstige invloed sal egter weer bepaal word deur verskeie faktore waarvan die geardeurde en digtheid van deklaag seker die belangrikste is.

Eenvoudig en enigens naïef gestel, berus verhoging van reënvaldoeltreffendheid deur die boer daarin dat

- soveel moontlik van die reën indring waar dit val, en
- die uitwerking van sodanige opgegaarde vog nie beperk word deur faktore soos swak bemesting, onaangepaste plantpopulasie, onoordeelkundige bewerking, swak onkruidbeheer, ensomeer, nie.

Ten slotte — die 'swak' vordering met grond- en vogbewing oor die jare heen, soos gestaaf deur genoegsaam gegewens, kan moontlik toegeskryf word aan die te idealistiese en abstrakte benadering tot die boer. Moontlik sou die volgende benadering 'n groter mate van sukses tot gevolg gehad het en dit is dat die boer reënval as net so 'n produksiefaktor soos kunsmis, saad, onkruidodders, brandstof en dies meer moet beskou, maar met die verskil dat dit 'gratis aan hom verskaf en afgelewer word' presies waar hy dit wil hê. Al wat dan van hom verwag word is om eerstens te sorg dat dit bly waar dit 'afgelewer' word, en tweedens dat die potensiaal daarvan nie beperk word deur 'n onoordeelkundige besparing op ander produksiefaktore nie. Die klem moet verskuif word vanaf die 'grondbewaring-vir-die-land-en-nageslag-konsep' na die 'wins- of ekonomiese-konsep'.

"The history of every nation is eventually written in the way in which it cares for its soil".

Franklin D Roosevelt

## Summary

### EVAPORATION, RUN-OFF AND EROSION

*Due to its erratic nature, the rainfall pattern of the Republic of South Africa is very unfavourable. A relatively high frequency of light showers, contributing very little towards replenishing soil moisture, and heavy showers of which a large percentage runs off, occurs. Furthermore, direct moisture loss through evaporation is extremely high, averaging more than 50 percent of the total annual rainfall.*

*Evaporation can only be decreased by limiting the radiation energy and/or the vapour removing mechanism. Mulches, especially those consisting of plant residues, are perhaps the most efficient practical method known in this regard.*

*Except where the principle of soil stratification is applied, no cultivation method can control evaporation as such. In fact, in most cases, evaporation is increased through cultivation.*

*Run-off occurs mainly as a result of raindrop impact which rapidly lowers the infiltration rate of the soil. Total rainfall and even slope, within limits, however, play only a minor part with regard to run-off. Plant residue mulches can make a significant contribution towards run-off control mainly because of protection afforded to soil surface against falling drops.*

*Raindrop erosion is the first and most critical step in the whole process of erosion, and control primarily depends on measures applied at this point. Plant residue mulches can therefore exert a marked effect on erosion control.*

*The value of mulches lies not so much in their effect on decreasing evaporation but rather in the control of raindrop erosion and consequently run-off*

*In the approach to moisture conservation, the concept that rainfall is just as much a production factor as fertilizer or seed, should be stressed, especially since the farmer cannot control the rainfall supply and must therefore ensure even more efficient utilization of moisture than he does of other production factors. Furthermore, the 'profit or economic concept' should be emphasized rather than the concept of 'soil conservation for the country and its future populations.'*

### Verwysings

- BORST, H. L. & WOODBURN, R., 1942. The effects of mulching and methods of cultivation on run-off and erosion from Muskingum silt loam. *Agr. Eng.* 23, 19-22.
- CRADDOCK, G. W. & PEARSE, K. C., 1938. Surface run-off and erosion on granitic mountain soils of Idaho as influenced by range cover, soil disturbance, slope and precipitation intensity. *U.S.D.A. Agric. Circ.* 482.
- DONAHUE, R. L., 1961. Our soils and their management — An introduction to Soil and Water Conservation. Illinois Interstate Printers & Publishers.
- DULEY, F. L., 1948. Stubble mulch farming to hold soil and water. *U.S.D.A. Farmers Bul.* 1997.
- DULEY, F. L., 1954. Stubble mulch wheat farming methods for fallow areas. *Nebr. Ext. Circ.* 54-100.
- HAYLETT, D. G., 1962. Run-off and soil erosion studies at Pretoria. *S.Afr. J. Agric. Sci.* 3, 379-393.
- HUDSON, N. W., 1961. Raindrop size distribution, kinetic energy and intensity of sub-tropical rainfall. Paper presented at the C.C.T.A./C.S.A. Hydrological Conference, Nairobi. Federal Dept. of Conserv. & Ext.
- HUDSON, N. W. & JACKSON, D. C., 1959. Results achieved in the measurement of erosion and run-off in Southern Rhodesia. Paper presented at the 3rd Inter-African Soils Conference at Dalaba. Federal Dept. of Conserv. & Ext.
- KING, F. H., 1907. Textbook of the physics of agriculture. Madison, Wisconsin.
- LEMON, E. R., 1956. The potentialities for decreasing soil moisture evaporation loss. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20, 120-125.
- MARAIS, M. J., 1953. Grondvogstudies met spesiale verwysing na vloed- en spuitmetodes van besproeiing. D.Sc. (Agric.) — verhandeling, Univ. van Pretoria.
- MÖHR, P. J., 1966. Mielieplantreste en sekere aspekte van grondproduktiwiteit. D.Sc. (Agric.) — verhandeling, Univ. van Pretoria.
- OSBORN, B., 1954. Effectiveness of cover in reducing soil splash by raindrop impact. *J. Soil & Water Conserv.* 9, 70-76.
- RICHARDS, S. J., HAGAN, R. M. & McCALLA, T. M., 1952. Soil temperature and plant growth. In: *Soil Physical conditions and plant growth*, 303-480. Ed. by Byron T. Shaw. New York: Academic Press.
- THOMPSON, G. D., 1964. The measurement of meteorological factors and the effects of atmospheric conditions on evapotranspiration. Faculty of Agric., Univ. of Natal (unpublished).
- VEIHMEYER, F. J., 1927. Some factors affecting the irrigation requirements of deciduous orchards. *Hilgardia* 2, 125-184.
- VORSTER, P. J. C., 1959. The role of the physiographic characteristics and the soil-vegetation complex of a drainage basin in run-off. A study carried out at the Imperial College of Science and Technology of the University of London in 1958/59. Issued by the Dir. of Soil Conserv. & Ext., Pretoria.