

ETUDE DU RUISSELLEMENT, DU DRAINAGE
ET DE L'EROSION SUR DEUX SOLS FERRUGINEUX DE
LA REGION CENTRE HAUTE-VOLTA.

BILAN DE TROIS ANNEES D'OBSERVATION A LA STATION DE SARIA

par

ROOSE (E.J.)

Maître de Recherche en Pédologie à l'ORSTOM

ARRIVETS (J.) et POULAIN (J.F.)

Agro-Pédologues à l'IRAT

avec la Collaboration Technique de

- DUBOIS (A.) et BARON (E.), Assistants de Recherche à l'IRAT,
- MADI KABRE, LASSANE KABRE, Techniciens à l'IRAT,
- DIALLO SOUNSOUNA, JOSUE SAGOU et MARCEL KOUAME, Techniciens
à l'ORSTOM.

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS.

CHAPITRE 1 - LES CONDITIONS EXPERIMENTALES.

11. Le milieu.
12. Le dispositif.
13. Les traitements.

CHAPITRE 2 - LES RESULTATS.

21. Les précipitations.
 - 21.1. Les hauteurs.
 - 21.2. La durée des précipitations.
 - 21.3. L'indice d'agressivité climatique.
22. Le ruissellement.
23. L'érosion.
24. Les coefficients de l'équation de prévision de l'érosion (Wischmeier)
25. Conclusions sur les phénomènes d'érosion.

CHAPITRE 3 - ESSAI DE BILAN HYDRIQUE.

31. Les données d'observation.
 - 31.1. Les précipitations.
 - 31.2. Le ruissellement.
 - 31.3. Le drainage vertical.
 - 31.4. Le drainage oblique.
 - 31.5. Le niveau de la nappe.
 - 31.6. L'évapotranspiration.
 - 31.7. La réserve hydrique du sol.
 - 31.8. Essais de bilans hydriques annuels.
32. Schémas de bilans hydriques moyens et extrêmes.
 - 32.1. Comparaison du drainage mesuré corrigé et du drainage estimé corrigé.
 - 32.2. Schémas de bilans hydriques estimés en année sèche, moyenne et humide.
33. Conclusions.

CHAPITRE 4 - SCHEMA DE BILAN CHIMIQUE.

41. Les apports par les engrais.
42. Les apports par les pluies.
43. Les pertes en solubles dans les eaux de ruissellement.
44. Les pertes en solubles dans les eaux de drainage.
45. Les pertes par érosion.
46. Les mobilisations par la végétation.
47. Schémas de bilan chimique.
48. Conclusions sur les bilans.

CHAPITRE 5 - CONCLUSIONS GENERALES.

ANNEXES.

AVANT-PROPOS

Un protocole d'accord passé en 1971 entre les Directeurs Généraux de l'I.R.A.T. et de l'O.R.S.T.O.M. prévoit l'étude de l'érosion, du ruissellement et du lessivage sur deux sols ferrugineux tropicaux de la station de Saria dans la région Centre de la Haute-Volta.

L'I.R.A.T. assure les manipulations sur le terrain, ainsi que le transport des échantillons tandis que l'O.R.S.T.O.M. fournit et met en place les dispositifs et se charge des analyses. L'interprétation des résultats est effectuée en collaboration.

Ce rapport est un document de travail interne à l'I.R.A.T. et à l'O.R.S.T.O.M. Il rassemble les résultats relatifs aux campagnes 1971, 1972 et 1973. Il ne rappelle que brièvement les conditions expérimentales décrites dans le rapport de campagne 1971.

Pour l'I.R.A.T., cette étude s'inscrit dans son programme général d'étude agronomique des sols de Haute-Volta.

Pour l'O.R.S.T.O.M. elle s'inscrit dans le cadre de l'étude de certains facteurs de la pédogénèse actuelle (érosion, lessivage oblique et vertical des colloïdes, lixiviation, bilans hydriques et chimiques) sous climat tropical humide et sec, sous végétation naturelle ou cultivée, sur des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux en huit stations écologiques réparties entre Abidjan et Ouagadougou.

CHAPITRE 1 - LES CONDITIONS EXPERIMENTALES.

11. Le milieu.

- Situation. La station de Saria est située à 80 km à l'Ouest de Ouagadougou sur le plateau mossi au Centre de la Haute-Volta (12°16' N ; 2°9' W ; 300 m altitude). Les dispositifs ont été disposés en parcelle n° 7 et protection.

- Le climat est du type Soudanien c'est-à-dire tropical sec à une seule saison des pluies :

- précipitations annuelles moyennes (1946-70) = 826 mm (574 Pa mini ; 1092 mm Pa maxi)

- température annuelle moyenne : 28° C

les températures mini moyenne s'élèvent de 15° en décembre et janvier à 25° en mai tandis que les t° max moyenne s'élèvent de 30° pendant les pluies (juin à septembre) à 35° dès le mois d'octobre.

- l'humidité relative descend à moins de 20 % en saison sèche et dépasse 60 à 80 % en saison des pluies (juin à septembre)

- l'évapotranspiration potentielle est de l'ordre de 2000 mm.

- Le sol sur la parcelle P7 est un sol ferrugineux tropical sur carapace à 50 cm : la pente est très faible (0,7 %).

- | | |
|----------------|---|
| de 0-à 15 cm | : Horizon labouré gris beige, légèrement humifère, sableux riche en sables fins, boueux en humide et massif en sec; structure fondue et encroûtement en surface. |
| de 15 à 30 cm | : Horizon beige jaune avec pénétration humifère, sablo-argileux, plus cohérent, structure massive à débit polyédrique. |
| de 30 à 45 cm | : Horizon brun jaune et grisâtre localement au contact avec l'horizon gravillonnaire, sablo-argileux, massif. |
| de 45 à 140 cm | : Horizon gravillonnaire gris en surface puis rouge et soudé en carapace compacte, très dure à pénétrer. |
| en dessous | : Horizon d'argile bariolée d'abord rouge ocre et blanche puis de plus en plus grise vers 4,5 mètres, sablo-argileux, structure massive à débit polyédrique grossier. |

- Le sol en protection est un sol ferrugineux tropical gravillonnaire dès la surface érodé sur cuirasse litée en voie de désagrégation : la pente est encore très faible (1,4 %).

- de 0 à 15 cm : Horizon gris foncé, humifère, gravillonnaire (plus de 50 %) à matrice sableuse, meuble, très poreux, forte activité biologique.
- de 15 à 35 cm : Horizon gris beige, gravillonnaire (plus de 50 %) à matrice sableuse, meuble ; feuilletts de carapace litée désagrégée, forte activité biologique.
- de 35 à 85 cm : Horizon ocre rouille, carapace ferrugineuse assez dure mais perméable et permettant le passage des racines.
- de 85 à 500 cm : argile bariolée du même type qu'en parcelle 7.

Ces sols ont été choisis d'une part à cause de leur étendue dans la région et d'autre part en vue de l'étude de l'influence de la profondeur de la cuirasse sur le bilan hydrique (et le drainage oblique plus spécialement).

12. Le dispositif.

Il vise une approche de certains processus pédogénétiques actuellement en action tels que l'érosion, la lixiviation des éléments nutritifs, le lessivage des colloïdes, l'appauvrissement en particules fines des horizons de surface et les remontées biologiques par les termites et les végétaux.

En parcelle 7.

- 1 Un pluviomètre "association" et un pluviographe "CERF" à auges basculants (bagues 400 cm²) permettent la mesure des pluies : hauteur et intensité permettant de calculer l'indice d'agressivité.
- 2 Une parcelle standart d'érosion dite de Wischmeier (100 m²) sur sol nu régulièrement travaillé en vue d'évaluer la susceptibilité du sol à l'érosion (facteur K de l'équation de Wischmeier).
- 3 Une parcelle d'érosion sous culture fertilisée de Sorgho (100 m²).

- 4 Une parcelle de lessivage oblique (ERLO) (ROOSE, 1968) recouverte d'une jeune jachère herbacée (derrière culture de mil ensilage en 1970) permet l'évaluation du ruissellement et de l'érosion à la surface du sol et une estimation qualitative des écoulements obliques (avec leur charge solide et soluble) à cinq niveaux du sol (25, 45, 65, 100, 150 et 200 cm de profondeur).
- 5 Une parcelle cultivée en sorgho fertilisé à l'intérieur de laquelle sont installées quatre cases de drainage vertical (DV 1 à 4) (ROOSE, des TUREAUX, 1970) (lysimètre de sol non remanié de 63 cm de diamètre) ; ces cases de drainage sont profondes de 45 à 55 cm, c'est-à-dire le sommet de la carapace).
- 6 Une petite parcelle en jachère naturelle où sont placées quatre cases de drainage vertical (DV 5 à DV 8) profondes de 40-80-140 et 180 cm.
- 7 Un puits pour suivre le niveau de la nappe phréatique durant toute l'année.
- 8 Deux évapotranspiromètres enherbés en Cynodon dactylon ont été installés par l'IRAT pour compléter le dispositif.

En parcelle de protection.

- 9 Un pluviomètre "association"
- 10 Trois bacs (50 cm x 2 m) recouverts de plastique et aboutissant à des jerrycans pour récolter la pluie sous herbage (PSH) sous karité (PSK) et à l'air libre (PSO) en vue d'une analyse qualitative du pluviolessivage et des apports chimiques par les pluies.
- 11 Une case de lessivage oblique (ERLO) sous une vieille jachère (+ de 30 ans) protégée du bétail et du feu depuis 1971: la profondeur des gouttières de réception est de 30 - 65 - 100 - 150 et 200 cm.
- 12 Quatre cases de drainage vertical profondes de 45 - 80 - 140 et 180 cm (PDV 11 à 14) sous savane herbeuse.
- 13 Une parcelle cultivée en sorgho fertilisé à l'intérieur de laquelle sont installées quatre cases de drainage vertical profondes de 100 cm (PDV 15 à 18).

En outre on a estimé :

- la production végétale et l'immobilisation minérale par le sorgho et les jachères,
- les remontées par les termites (marquage à la chaux et dynamique de la croissance des termitières épigées de TRINERVITERMES),
- la fixation potentielle des eaux de pluie sur les feuilles des graminées des jachères.

13. Les traitements.

La suite des travaux effectués sur les diverses parcelles ont été réunis pour chaque campagne aux tableaux n° 13.1 - 13.2 - et 13.3. On résume ici l'esprit général qui a présidé à leur réalisation.

- Parcelle d'érosion de Wischmeier.

Sol maintenu sans herbe (herbicide) et sans encroûtement (labour en début de cycle puis sarclo-binage superficiel tous les mois en saison des pluies) en vue d'observer la résistance propre au sol sans qu'aucun facteur limitatif (ni couverture végétale ni technique antiérosive) n'intervienne.

- Parcelles ERLO.

Protection du milieu naturel contre toute intervention de l'homme et du bétail.

- Parcelles de culture.

Culture fertilisée de céréale (sorgho S 29) selon les propositions de l'IRAT/H.V.

Labour à 20 cm, semis à 40 cm sur des lignes espacées de 80 cm, buttage au 20e jour et au 60e jour.

Fumure {
 au semis : 100 kg de phosphate d'ammoniaque + 120 kg de sulfate de potasse
 au démarrage : (20e jour) : 50 kg d'urée
 à l'initiation florale (60e jour) : 100 kg d'urée.

Equilibre de la fumure = {
 N - P₂O₅ - K₂O (S)
 87 - 50 - 60 (12)

Tableau: 13.1

TRAVAUX CULTURAUX. SARIA campagne 1971.

WISCHMEIER	EROSION / CULTURE	S.D.V.A
10 juin piochage à 15 cm		
27 juillet binage	5/7 piochage. 6/7 engrais 100 PA + 120 SK. 9/7 semis. 27/7 binage. 28/7 50 kg urée. 30/7 démarrage 3 plants/paquet.	5/7 piochage à 15 cm. 6/7 engrais 100 PA + 120 SK. 9/7 semis. 28/7 binage + 50 kg urée. 30/7 démarrage.
11 Août binage	11/8 buttage.	11/8 buttage.
14 Septembre binage	14/9 100 kg/ha urée + binage.	14/9 100 kg urée + binage.
10 Octobre désherbage Chimique Bromacil (1.5 kg/ha)	21/10 récolte. { grain 420 kg/ha paille 6,400 Sec à 90%	30/10 récolte. ?

Tableau: 13.2 .

TRAVAUX CULTURAUX . SARIA CAMPAGNE 72

MISCHMEIER	EROSION / CULTURE	SDVA	PDVA
<p>7 Juin bêchage</p> <p>8 Juin traitement Hatzbeick HYVAR X 15 kg/ha M.A</p>	<p>7 Juin bêchage en fauchement baillé</p> <p>8 Juin ébranchage d'engrais 100 kg PA + 120 kg SKA / ha</p> <p>14 Juin semis</p> <p>20 Juin semis</p>	<p>5 Juin bêchage en fauchement baillé</p> <p>8 Juin ébranchage d'engrais 100 kg PA + 120 kg SKA / ha</p> <p>14 Juin semis</p> <p>20 Juin semis</p>	<p>8 Juin bêchage ébranchage d'engrais 80 kg PA + 100 kg SKA / ha</p> <p>14 Juin semis</p> <p>24 Juin semis</p>
<p>21 Juillet binage</p>	<p>4 Juillet ébranchage d'engrais 195 kg d'urée / ha</p> <p>25 Juillet buttage</p>	<p>4 Juillet ébranchage d'engrais 50 kg d'urée / ha</p> <p>25 Juillet buttage</p>	<p>4 Juillet ébranchage d'engrais 120 kg d'urée / ha</p> <p>25 Juillet buttage</p>
<p>17 Août binage</p>	<p>17 Août ébranchage d'engrais 100 kg d'urée / ha + léger buttage</p>	<p>18 Août ébranchage d'engrais 100 kg d'urée / ha + léger buttage</p>	<p>17 Août ébranchage d'engrais 75 kg d'urée / ha + léger buttage</p>
<p>23 Septembre binage</p>			
<p>23 Octobre binage</p>			
<p>7-9 Novembre: Récolte grain sec à l'air</p>	<p>1200 kg/ha 6420 kg/ha</p>	<p>1340 kg/ha 8375 kg/ha</p>	<p>1581 kg/ha 6970 kg/ha</p>

Tableau 13.3

TRAVAUX CULTURAUX . SARIA CAMPAGNE 73

WISCHMEIER	EROSION/CULTURE	SDVA	EDVA
8 Juin bêchage 22 Juin traitement herbicide HYVAR X 1,5 kg/ha H.A.	8 Juin bêchage entraînant balle 22 Juin épandage d'engrais 100kg PA + 120kg SK à l'ha - " - semis 28 Juin resemis	8 Juin bêchage entraînant balle 22 Juin épandage d'engrais 100kg PA + 120kg SK à l'ha - " - semis 28 Juin resemis	8 Juin bêchage entraînant balle 22 Juin épandage d'engrais 100kg PA + 120kg SK à l'ha - " - semis 28 Juin resemis
17 Juillet binage	17 Juillet épandage d'engrais 49,5 kg surcé/ha	17 Juillet épandage d'engrais 50 kg surcé/ha	17 Juillet épandage d'engrais 100 kg surcé/ha
7 Août binage 23 Août broient Labou	7 Août binage 23 Août épandage d'engrais 100 kg surcé/ha - dernier buttage	7 Août binage 23 Août épandage d'engrais 100 kg surcé/ha - dernier buttage	7 Août binage 23 Août épandage d'engrais 83 kg surcé/ha dernier buttage
1 Octobre binage			
21 Novembre récolte sec. à l'air	grain paille 975 kg/ha 4.200 kg/ha	833 kg/ha 2.480 kg/ha	354 kg/ha 1042 kg/ha

CHAPITRE 2 - LES RESULTATS.

En vue de donner une meilleure vue d'ensemble des observations nous récapitulerons les résultats de la campagne 1971 (voir rapport de campagne, 1971 : ARRIVETS, ROOSE, CARLIER, 1973) et commenterons plus particulièrement ceux des campagnes 1972 et 73 dont les résultats journaliers sont reportés en annexe.

21. Les précipitations. (fig. 21.1)

Les précipitations journalières, décadaires et mensuelles observées aux pluviomètres association des parcelles P7 et "protection" au cours des trois années sont consignées aux tableaux 21.1 à 21.6. La répartition mensuelle des pluies en classes de hauteur est notée aux tableaux 21.7 et 21.8.

211. Les hauteurs.

En 1971.

On a enregistré 616,6 mm de pluie tombés en 8 mois (625,1 mm en protection) dont 86 % de juin à septembre. La campagne 1971 a donc été déficitaire de plus de 200 mm (soit 24 %) par rapport à la moyenne (834 mm de 1944 à 1973).

Ce déficit est particulièrement marqué en juin, août et septembre ce qui eut de graves conséquences sur le semis (retard) et le remplissage des grains (arrêt précoce). Ce déficit est encore aggravé du fait de la mauvaise répartition des pluies : 3 pluies contribuent pour 23 % des pluies annuelles.

Les trois décades les plus agressives eurent lieu début juillet (h = 83 mm), fin juillet (184 mm) et mi-août (87 mm).

L'analyse du tableau (21.7) de la répartition mensuelle des pluies en fonction des classes de hauteur montre qu'en moyenne sur 25 ans (1946-70) on a enregistré

- | | |
|---|---|
| } | 1,8 pluie par an de plus de 40 mm |
| | 1 pluie/an de plus de 50 m |
| | 1 pluie tous les deux ans de plus de 60 m |
| | 1 pluie tous les trois ans de plus de 70 m. |

En 1971 il y eut 61 pluies dont trois dépassent à peine 40 mm et sont susceptibles de faire de gros dégâts d'érosion sur sol dénudé :

STATION: SIRIA (Protection) ANNEE: 1972

	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.
1						18,1			7,7		
2							18,3			4,1	
3								4,1			
4											
5						18,3		19,2			
6									19,0	15,2	
7					6,8	0,4		33,7			
8									1,0		
9										10,6	
10				0,5		23,8			14,0		
Total				0,5	6,8	55,4	12,3	54,9	42,6	29,6	
11				4,3		11,7	20,5	1,8			
12									35,7		
13						5,2		24,8			
14							18,5		1,4	14,4	
15					4,9						
16							0,7	9,2			
17											
18					10,0		36,4	28,1		27,0	
19							0,4				
20								9,4			
Total				4,3	14,9	17,6	76,2	67,4	40,1	41,4	
21					18,2						
22				20,5		20,4		13,0	18,0		
23				7,0							
24								13,9			
25						11,7	17,8				
26					7,9			12,2		8,2	
27							21,5				
28						35,3					
29											
30							10,5	9,9			
31					40,4			7,8			
Total				27,5	36,5	77,4	49,9	36,9	18,0	8,2	
TOTAUX				22,3	85,2	150,4	138,4	178,3	100,7	79,5	
765,1											

R.

STATION: SARIA (PT)

ANNEE: 1973

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1							13,6					
2							2,7					
3							12,9	5,7				
4												
5					39,1		24,6		1,2			
6						7,7		22,0				
7							9,6		1,6			
8						0,1						
9								8,4				
10								20,8	23,6			
Total					39,1	7,8	63,4	56,9	26,4			
11									4,0			
12						2,3		15,3				
13												
14												
15							29,4	12,5	17,8			
16												
17					12,0	9,7		23,4	2,1			
18												
19				18,3		1,7			0,5			
20					0,3							
Total				18,3	12,3	13,7	99,4	51,2	24,4			
21						13,7			17,7			
22					4,2		30,2	13,1	1,8			
23									6,8			
24							97,0	1,6				
25						7,2						
26												
27						18,5	20,9	19,9				
28						2,7	31,8		0,9			
29												
30					30,7							
31							1,8					
TOTAL				0	34,9	42,1	190,7	34,6	27,2			
TOTAUX				18,3	86,3	63,6	283,5	142,7	78,0	0		672,4
672,4 mm												

B.

PRECIPITATIONS JOURNALIERES

THERMOMÈTRE

STATION: SARIA (P₇)

ANNÉE: 1871

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil. ⁵	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1												
2								18,6		2,2		
3							2,0		17,3			
4						0,4		7,6				
5									0,9			
6						11,6		5,7				
7							3,8		5,0			
8				0,6			24,4		4,6			
9					4,1			2,0				
10						0,1	53,0					
Total							83,2	33,9	27,8	2,2		
11							3,8	7,0	25,2			
12										0,8		
13			2,6			18,3	6,8	47,9		0,3		
14							9,0		0,5	0,1		
15									6,1			
16							3,0					
17						6,6	3,1	30,4	26,8			
18				3,7	7,5							
19								1,5				
20					11,3	3,5	6,2					
Total							31,9	86,8	58,6	1,2		
21									3,3			
22								12,1	4,5			
23								6,9		0,7		
24							20,6 _m					
25				1,2				20,3				
26				25,1		19,4		1,4				
27					0,3			3,9				
28			25,6									
29								45,0	9,4			
30						12,8						
31							2,9	4,4				
Total	0	0					68,5	58,4	7,8	0,7		
TOTAUX	0	0	28,2	30,6	23,7	73,1	183,6	179,1	94,2	4,1	Total	616,

Note ² Avant le 24 juillet on a retenu les précipitations du poste météor.

Après le 24 juillet on a retenu les précipitations du pluviomètre en P₇

Moy. 46/70 0,05 0,9 2,9 28,4 37,1 112,3 184,2 250,7 162,4 36,7 3,3 1,0

R 71 0 0 28,2 30,6 23,7 73,1 183,6 179,1 94,2 4,1 0 0

72 0 0 0 20,3 83,6 144,6 141,1 178,7 82,2 73,3 0 0

73 0 0 0 18,2 22,3 23,2 22,3 22,3 22,3 22,3 0 0

FIG. 21.1 PRECIPITATIONS MENSUELLES.

— SARIA : campagnes 1971 à 73 —

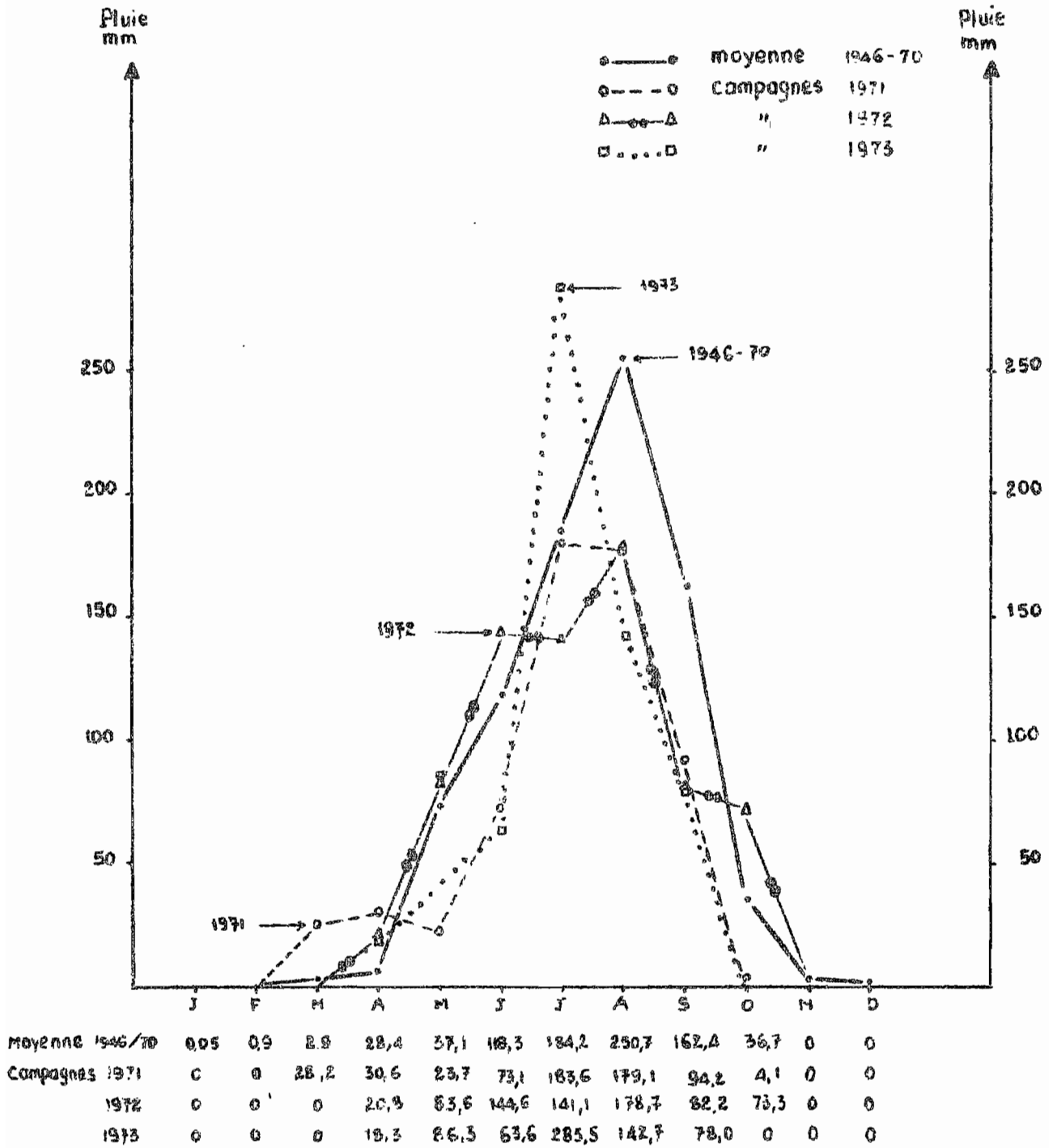


Tableau: 21.7 Fréquence des précipitations de classe de hauteur croissante en fonction des mois de l'année.

Saria: moyenne 1946-70

Classes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
0-10	0,05	0,30	0,70	2,00	4,80	4,75	6,00	7,90	7,90	3,60	0,60	0,15	38,80
10-20			0,10	0,50	1,20	1,95	2,70	4,10	2,70	0,90	0,05	0,05	14,20
20-30				0,20	0,75	1,10	1,50	2,40	1,65	0,15	0,05		7,75
30-40				0,15	0,30	0,55	0,95	1,00	0,80	0,10			3,85
40-50				0,10	0,15	0,30	0,55	0,35	0,25	0,10			1,90
50-60				0,05	0,05	0,05	0,35	0,40	0,10				1,00
60-70						0,10	0,10	0,20	0,10				0,50
Except						0,05	0,05	0,20					0,30
Total	0,05	0,30	0,80	3,00	7,25	8,85	12,20	16,55	13,50	4,85	0,70	0,2	68,20
H (mm)	0,05	0,9	2,9	28,40	37,10	118,3	184,2	250,7	162,4	36,7	3,3	1,0	826,1
H/N	1,0	3,0	3,6	9,5	5,1	13,3	15,1	15,1	12,0	7,6	5,0	5,0	12,1

Saria campagne 1971

Classes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
0-10			1	3	3	4	9	10	7	5			42
10-20			0	0	1	4	0	2	1				8
20-30			1	1	0	0	2	1	2				7
30-40							0	1					1
40-50							1	1					2
50-60							1						1
60-70													0
Except													0
Total	0	0	2	4	4	8	13	15	10	5			61
H (mm)			28,2	30,6	23,7	73,1	183,6	179,1	94,2	4,1			616,6
H/N			14,1	15,3	59,3	9,1	14,1	11,9	9,4	0,8			10,1

- le 10/7/71 il a plu 53 mm avec un indice d'agressivité* = 67,6
unités américaines
29/7 il a plu 45 mm avec un indice d'agressivité = 63,9
13/8 il a plu 47,9 mm avec un indice d'agressivité = 37,4

Les pluies ont donc été relativement peu agressives mais le couvert sous culture était encore peu développé en juillet à l'époque la plus arrosée.

En 1972.

On a enregistré 724,3 mm de pluie en P7 (765,1 mm en protection) tombés en 7 mois dont 75 % de juin à septembre. La campagne 1972 a donc été déficitaire d'une centaine de millimètres. Ce déficit est marqué en août (influence sur le drainage) et fin septembre mais dans l'ensemble les pluies sont bien réparties pour l'alimentation hydrique des plantes.

Il n'y a pas de décade agressive à part mi-juillet (73 mm) et mi-août (76 mm).

L'analyse du tableau (21.8) de la répartition mensuelle des pluies en fonction des classes de hauteur montre que sur 55 pluies il n'y en eut aucune de plus de 40 mm et à peine trois pluies de plus de 30 mm :

- le 31/5/72 il est tombé 34,5 mm avec un indice d'agressivité = 19,1
le 18/7 il est tombé 36,9 mm avec un indice d'agressivité = 34,5
le 18/8 il est tombé 35,4 mm avec un indice d'agressivité R = 24,8

Les pluies ont donc été très peu agressives durant la campagne 1972 du fait de leur faible hauteur et de leur répartition assez homogène au cours des mois de végétation.

En 1973.

On a enregistré 672,4 mm en P7 (711 mm en protection) tombés en 6 mois dont 73 % en juillet et août. La campagne a donc été très déficitaire : 150 mm (soit 19 %) auquel il faudrait encore ajouter les 97 mm tombés inutilement le 24 juillet, en un mois déjà excédentaire. Cet déficit est particulièrement marqué en juin, août, septembre et octobre ce qui a entraîné de très graves dépréciations des rendements (semis tardifs et fin de saison hâtive, pratiquement le 23 septembre).

(*) Voir définition plus loin § 21.4.

Une seule décade fut agressive (fin juillet = 191 mm): elle fut même exceptionnelle tant pour la hauteur de la pluie du 24 juillet (97 mm) que pour la succession des pluies (3 pluies de 30 mm et une de 97 mm en 7 jours !). L'analyse du tableau 21.8 montre que sur les 47 pluies tombées en 1973 à part la pluie exceptionnelle, il n'y en eut que cinq pluies de plus de 30 mm :

- le 24/7/73 il est tombé 97 mm avec un indice d'agressivité de 171,2
- le 5/5 il est tombé 39,1 mm avec un indice d'agressivité de 23,3
- le 31/5 il est tombé 30,7 mm avec un indice d'agressivité de 20*
- le 16/7 il est tombé 33,5 mm avec un indice d'agressivité de 23,7*
- le 22/7 il est tombé 30,2 mm avec un indice d'agressivité de 30,0
- le 28/7 il est tombé 31,8 mm avec un indice d'agressivité de 23,0

La semaine du 22 au 28 juillet, exceptionnellement pluvieuse, domine l'ensemble de la campagne 1973 et fait bien ressortir l'importance des précipitations exceptionnelles tant sur l'érosion que sur le ruissellement et le drainage quel que soit le caractère déficitaire des pluies du restant de l'année.

212. La durée des précipitations.

Quand on passe en revue les enregistrements pluviographiques, on constate que les pluies ont souvent la même allure. Quatre types de pluies peuvent être distingués dont la fréquence décroît :

- 1 les pluies d'orage très courtes (20 à 40 min.) et de faible hauteur (5 à 25 mm) dont l'intensité est forte dès le début et jusqu'à la fin.
- 2 les orages dont l'intensité est forte durant 20 à 80 minutes puis très faible traine pendant 1 à 4 heures (hauteur 20 à 60 mm).
- 3 les pluies composites à plusieurs maxima d'intensité.
- 4 les pluies qui débutent doucement, dont l'intensité s'accroît durant 20 à 80 minutes puis décroît en une longue traine.

Quant à la pluie exceptionnelle du 24 juillet 1973 elle a développé une forte intensité (30 min. à 150 mm/h) durant 1 heure 20 min. puis une traine de 6 heures de 10 à 0,5 mm/h d'intensité.

Tableau:21.8 Fréquence des précipitations de classe de hauteur croissance en fonction des mois de l'année .
Saria Campagne 1972

Classes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
0-10				3	3	4	2	5	3	2			22
10-20				1	2	0	4	7	3	3			20
20-30					0	5	2	1	1	1			10
30-40					1	0	1	1					3
40-50													0
50-60													0
60-70													0
Except													0
Total	0	0	0	4	6	9	9	14	7	6	0	0	55
H (mm)				20,8	83,6	144,6	141,1	178,7	82,2	73,3			724,3
H/N				5,2	13,9	16,1	15,7	12,8	11,7	12,2			13,2

Campagne 1973

Classes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
0-10				0	2	7	3	3	8				23
10-20				1	1	2	2	4	2				12
20-30					0	0	3	3	1				7
30-40					2	0	2						4
40-50													0
50-60													0
60-70													0
Except							1						1
Total	0	0	0	1	5	9	11	10	11	0	0	0	47
H (mm)				18,3	86,3	63,6	283,5	142,7	78,0				672,4
H/N				18,3	17,3	7,1	25,8	14,3	7,1				14,3

TABL.: 21.9. REPARTITION DES CLASSES D'INTENSITE INSTANTANEE DES PLUIES (de plus de 10mm)

Poste " SARIA P7.": campagne 1971 à 1973.

Intensité mm/heure	0 à 19	20 à 39	40 à 59	60 à 79	80 à 99	100 à 119	120 à 139	140 à 159	160 à 179	180 à 199	200 à 219	220 à 239	240 à 260	260 mm/h
Janvier														
Février														
Mars														
Avril	216	14												
Mai	447	45	25	44	5									
Juin	1067	56	63	39	4	6	8							
Juillet	2891	167	73	91	31	19	5	22						
Août	3075	153	71	17	26	3	6							
Septembre	1512	45	64	31	16	0	0							
Octobre	481	47	10	8	0	0	5							
Novembre														
Decembre														
Total minutes	9689	527	306	250	82	38	24	22						
% du total	88,74	4,83	2,80	2,11	0,75	0,35	0,22	0,20						

Total 10918 mn

213. Les intensités en fonction de la durée.

On a réuni au tableau 21.9 la répartition mensuelle des intensités max. instantanées observées durant les pluies de plus de 10 mm enregistrées de 1971 à 73 au poste "Saria P7".

On peut constater que la répartition n'est pas normale puisqu'il y a près de 89 % des pluies qui tombent avec une intensité inférieure à 20 mm/heure,

7,6 % des pluies qui tombent avec une intensité comprise entre 20 et 60 mm/heure,

2,9 % des pluies qui tombent avec une intensité comprise entre 60 et 100 mm/heure,

0,8 % des pluies qui tombent avec une intensité de 100 à 160 mm/heure.

Chaque année on a donc des risques d'observer pendant 5 minutes une pluie de plus de 140 mm/h, pendant 132 minutes des pluies d'intensité supérieure à 60 mm/heure. On note également que c'est en juillet (époque où le sol est encore mal couvert) que les intensités des pluies sont les plus élevées et ce durant les temps les plus longs.

Tableau 21.10. Relation intensité-durée pendant les plus fortes averses enregistrées au poste Saria P7 de 1971 à 1973.

		Intensité max. durant						
		5'	10'	20'	30'	11 heures	13 heures	
1971	617	80 à 150 ⁽¹⁹⁰⁾	60 à 130 ⁽¹⁶⁰⁾	40 à 60 ⁽⁹⁰⁾	40 à 80	20 à 45	8 à 16 ⁽²⁵⁾	
1972	724	80 à 130	60 à 100	45 à 75	35 à 60	16 à 34	6 à 13	
1973		120 à 140	70 à 120	50 à 80	35 à 60	20 à 30	7 à 15	
except.	672	(200)	(170)	(125)	(100)	(75)	(35)	
12-7-73								
BRUNET								
MORET	860	-	100	75	60	40	18	
1930/62								

Note () signifie intensité exceptionnelle.

De l'analyse des relevés pluviométriques et des pluviogrammes disponibles, BRUNET-MORET (1963) a établi que dans la région de Ouagadougou on pouvait recueillir chaque année 1 pluie de 61 mm, une pluie de 74 mm tous les 2 ans, 92 mm tous les 5 ans, 107 mm tous les 10 ans, 123 mm tous les 20 ans et 150 mm tous les 50 ans.

Des courbes "intensités-durées" on peut déduire que l'intensité maximale pour la pluie annuelle atteindra 100 mm/h durant dix minutes, 60 mm/h. durant trente minutes 40 mm/h durant 1 heure et 18 mm/h. durant 3 heures.

Les résultats acquis à Saria au cours des campagnes 1971 1972 et 1973 sont en accord avec ces résultats pour les pluies de retour un an mais montrent que la pluie exceptionnelle (97 mm) du 24 juillet 1973 serait d'une période de retour de 7 à 8 ans en ce qui concerne la hauteur des précipitations mais d'intensité beaucoup plus élevée (retour 50 à 100 ans).

214. Indice d'agressivité du climat (R. de WISCHMEIER).

L'érosivité climatique a été définie par WISCHMEIER et SMITH (1958) comme la somme des produits de l'énergie cinétique des pluies unitaires par leur intensité maximale (exprimée en mm/heure) durant 30 minutes. Cet indice (R) a été sélectionné par ces auteurs suite à la comparaison statistique des coefficients de corrélation existant entre divers indices climatiques (en particulier l'énergie cinétique et l'intensité) et l'érosion mesurée sur parcelle nue de référence.

A Saria, cet indice a été calculé à partir du dépouillement de 70 enregistrements de pluies de plus de 10 mm (poste Saria P7) des campagnes 1971-72-et 73, selon la méthode préconisée par le Centre Technique Forestier Tropical de Tananarive (1966).

Les résultats par pluie unitaire par mois et par année sont reportés au tableau 214.1.

De tels indices ne sont intéressants que lorsqu'ils sont comparés à ceux de régions climatiques diverses dans un même pays et dans des pays éloignés.

Les dépouillements étant très longs et le nombre de postes d'observation pluviographiques limité, il a paru intéressant de chercher les liaisons qui existent entre la hauteur de pluie et l'indice d'agressivité ou encore, chacun de ses constituants.

CHARREAU (1970) a montré en deux postes météo du Sénégal (Bambey et Séfa) qu'il existe :

- une régression linéaire très étroite entre l'énergie cinétique d'une pluie et sa hauteur,
- une relation significative (car grand nombre) mais plus lâche entre l'intensité max. en 30 min. et la hauteur des pluies,
- une relation significative curvilinéaire entre l'indice d'agressivité climatique et la hauteur des pluies.

GALABERT et MILLOGO (1973) puis PIOT (CTFT, 1973) en Haute-Volta montrent également qu'il existe une excellente corrélation entre l'énergie cinétique des pluies et leur hauteur mais soulignent la lâcheté des liens existant entre l'intensité max. en 30 minutes et cette hauteur. Pour évaluer rapidement l'indice de WISCHMEIER ils préconisent donc de mesurer sur les pluviogrammes l'intensité max. en 30 min. de chaque pluie ainsi que leur hauteur: cette dernière étant reliée à l'énergie cinétique ($R = 0,0158 H \times I_{30} - 1,2$).

On trouve très rapidement l'indice d'agressivité climatique.

Malheureusement il n'y a en Afrique de l'Ouest que peu de stations météorologiques disposant d'un pluviographe à rotation journalière et ceux qui existent ne sont en place que depuis quelques années. Par contre on compte en Haute-Volta 19 postes de plus de 40 ans et au total 36 postes de plus de 20 ans d'observations des hauteurs de précipitation journalière. Nous avons donc été amené à étudier les liens existant entre l'indice d'agressivité R et la hauteur des pluies journalières ou des pluies annuelles moyennes.

Comme les auteurs déjà cités, nous avons remarqué que pour des hauteurs de pluie de moins de 30 mm les liens entre R et H sont étroits mais qu'ils deviennent plus lâches lorsque les pluies sont plus importantes. Cependant les régressions linéaires et surtout curvilinéaires entre R et H sont hautement significatives ce qui veut dire que pour un grand nombre d'observations les relations existent et sont parfaitement utilisables. Notons que c'est bien ce dernier cas qui nous préoccupe lorsqu'on cherche des valeurs mensuelles et annuelles moyennes sur plus de 20 ans.

Comme cela a été obtenu ailleurs en Afrique de l'Ouest (CHARREAU, 1970 ; ROOSE, JADIN, 1969 ; ROOSE, BIROT, 1970 ; ROOSE et coll. 1970 ; ROOSE, BERTRAND, 1972 ; ROOSE, 1973) l'indice R dans cette région tropicale à une saison sèche augmente plus que proportionnellement à la hauteur de pluie unitaire. Si on reporte sur un papier log x log les centres de gravité des classes de hauteur successives (10-20 ; 20-30 ; 30-40 ; plus de 40 mm) on constate (voir fig. 214.1) que les points s'alignent presque parfaitement sur une droite. Cette droite est d'ailleurs très voisine de celle obtenue à partir des enregistrements effectués à Gonsé (30 km de Ouagadougou, essais ORSTOM-CTFT) de 1968 à 73 et à Niangoloko (station IRHO 1968-71). Cette double transformation logarithmique permet de résoudre un type de fonction ($y = a.x^b$) connuesous le nom de relation d'allométrie (DAGNELIE 1969).

En appliquant cette relation aux campagnes 1971 à 73 pour le poste Saria P7 on retrouve les valeurs annuelles de R observées à + 5 % près mais les erreurs se compensent d'une année à l'autre.

Nous basant sur cette droite $\log R = f(\log H)$, nous avons ensuite transformé les relevés pluviométriques de la station "Saria météo" depuis 1944 en indices d'érosivité climatique. Le tableau et la figure 214.2 présentent les valeurs mensuelles estimées de l'indice d'érosivité climatique de la région de 1944 à 1973.

L'indice annuel d'agressivité climatique de la région de Saria varie de 150 à 750 autour d'une moyenne sur trente ans de $R_{USA} = 453$ pour une pluviosité annuelle moyenne de 832 mm. Ailleurs dans le monde cet indice varie de :

- 150 à 650 aux USA (Wischmeier, 1962)
- 60 à 300 en Tunisie (Masson, 1971)
- 50 à 300 au Maroc (Kalman, 1967)
- 60 à 240 au Midi de la France (Masson, Kalms, 1971)
- 500 à 1400 en Côte d'Ivoire (Roose, 1973).

Tout en étant supérieur à celui qu'on trouve dans le bassin méditerranéen (au climat réputé agressif), l'indice d'agressivité annuel estimé à Saria est nettement moins élevé qu'en région tropicale humide et ceci provient du faible montant des pluies plutôt que de leur agressivité ($\frac{Ra}{Ha \text{ mm}} = 0,54$) par millimètre qui est voisine de celle qu'on trouve en Côte d'Ivoire (Ra/Ha varie de 0,60 en bordure de mer à 0,45 en climat tropical à 2 saisons des pluies) ROOSE, 1973 .

Le rapport annuel moyen R/H calculé sur de longues périodes étant voisin de 0,5 tant au Sénégal qu'en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta (voir tableau 214.3) il s'avère possible de dresser une première esquisse de la répartition de l'indice d'agressivité climatique en Haute-Volta (voir fig. 214.3). Cette carte indique les valeurs annuelles moyennes de cet indice pour les 36 postes pluviométriques de l'ASECNA totalisant plus de 20 ans d'observations ainsi que les valeurs calculées par le CTFT (chiffre entre parenthèse) pour de courtes périodes (1966 à 72 au max.) : elle tient compte en outre des isohyètes calculées par l'ASECNA pour la période 1961-70 (COTTE, 1972).

Elle montre que l'agressivité climatique augmente de 1 à 3 (R de 200 à 600) du Nord au Sud du pays. L'inclinaison des courbes de même agressivité devra être vérifiée en tenant compte des valeurs obtenues dans les territoires voisins. L'erreur sur l'indice annuel moyen ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 10 \%$ si le type de relation hauteur x intensité des pluies exceptionnelles ne change pas radicalement comme le montre BRUNET-MORET (1963 et 67).

Dans ce cas précis où les intensités sont liées à la hauteur des pluies exceptionnelles prévisibles, il n'est plus nécessaire de faire intervenir un autre indice de cette intensité (pluie de retour 2 ans ou autres, utilisés par Wischmeier, Masson, Kalman). Cette simplification, valable localement, demanderait à être vérifiée avant généralisation à toutes les plaines de l'Afrique de l'Ouest.

Le tableau et la figure n° 214.2 montrent également la répartition mensuelle des dangers d'érosion. Quarante cinq % de l'indice ont lieu en mai-juin et juillet lorsque le sol est pratiquement nu ; 53 % tombent durant le reste de la saison agricole (août à octobre). L'indice atteint pratiquement 400 unités en 4 mois dont la 1/2 sur sol peu couvert par la végétation.

Enfin il faut souligner l'importance des pluies exceptionnelles. Le 24 juillet 1973 par exemple, l'indice R a atteint 171 unités pour une pluie de 97 millimètres (38 % de R annuel 1973).

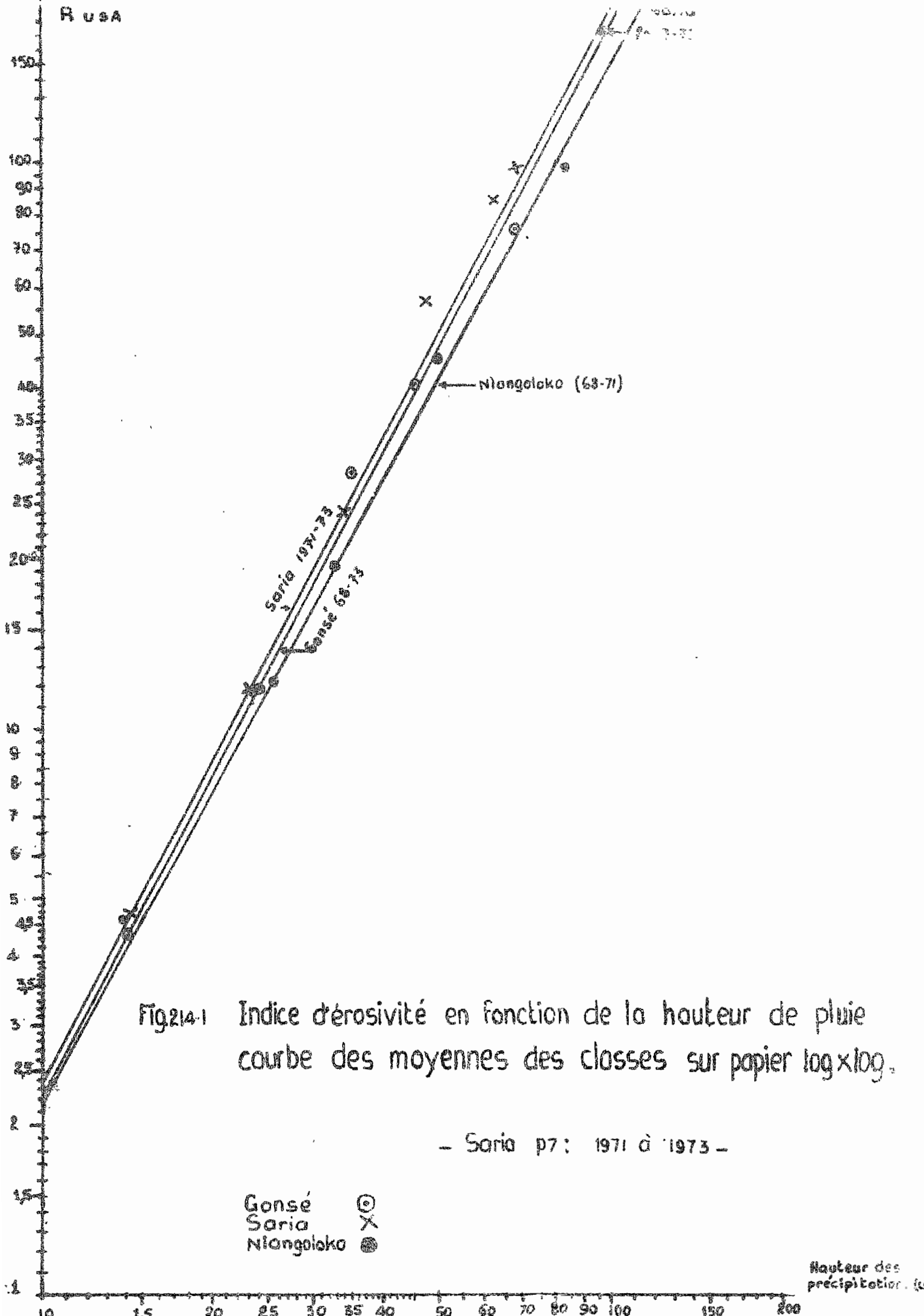
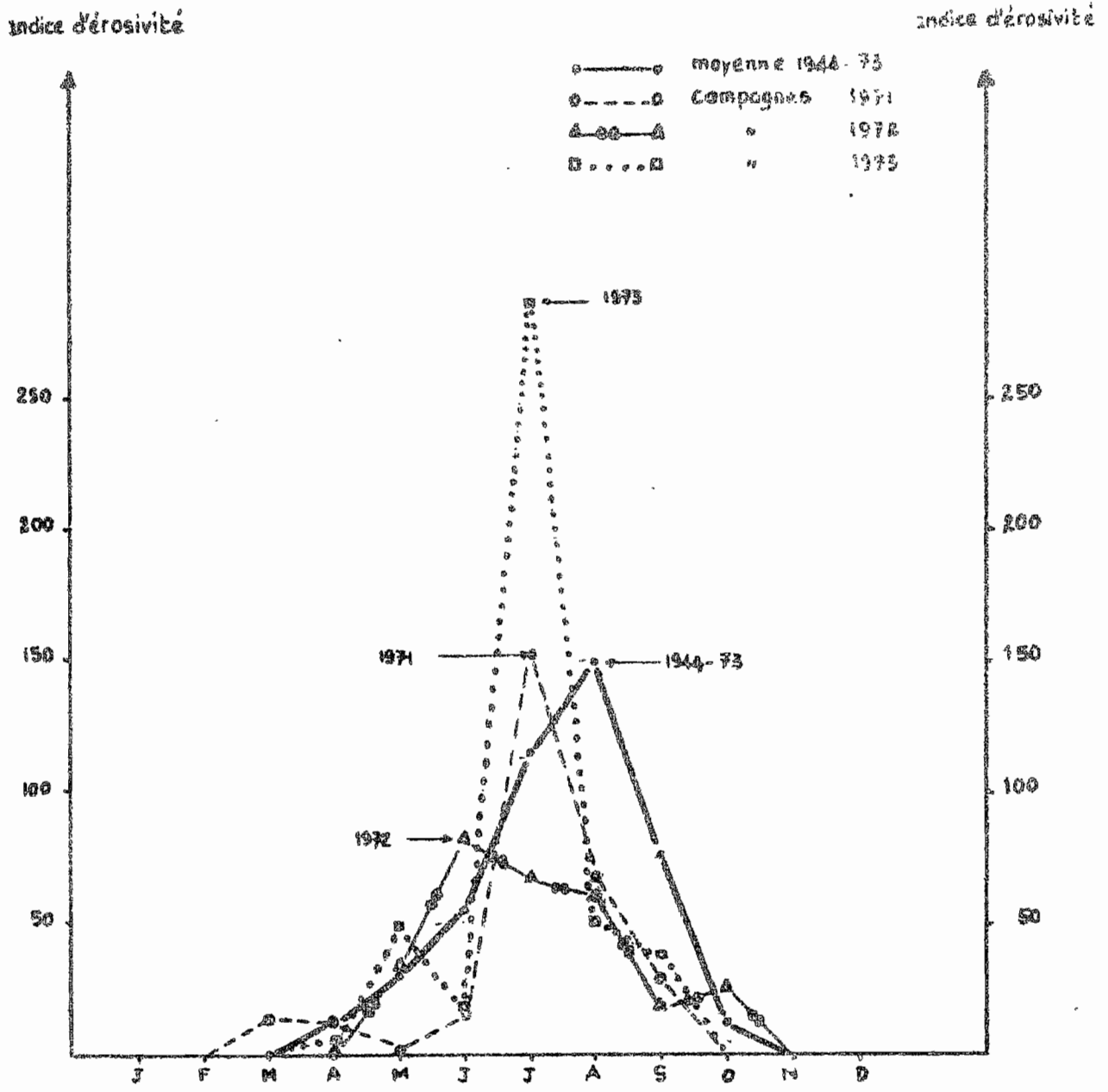


FIG. 214-2 INDICE D'ÉROSIVITÉ MENSUELLE (R USA).

— SARIA: CAMPAGNES 1971 à 1973 et moyenne sur 30 ans —



	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne 1944-73	0	0	0,9	12,4	31,9	55,7	113,3	149,5	76,0	12,7	0	0
Campagnes 1971	0	0	14,0	15,6	3,3	16,9	154,8	69,5	29,4	0	0	0
1972	0	0	0	1,4	34,8	82,9	69,7	60,8	18,9	26,2	0	0
1973	0	0	0	7,9	48,0	19,1	295,1	50,9	37,1	0	0	0

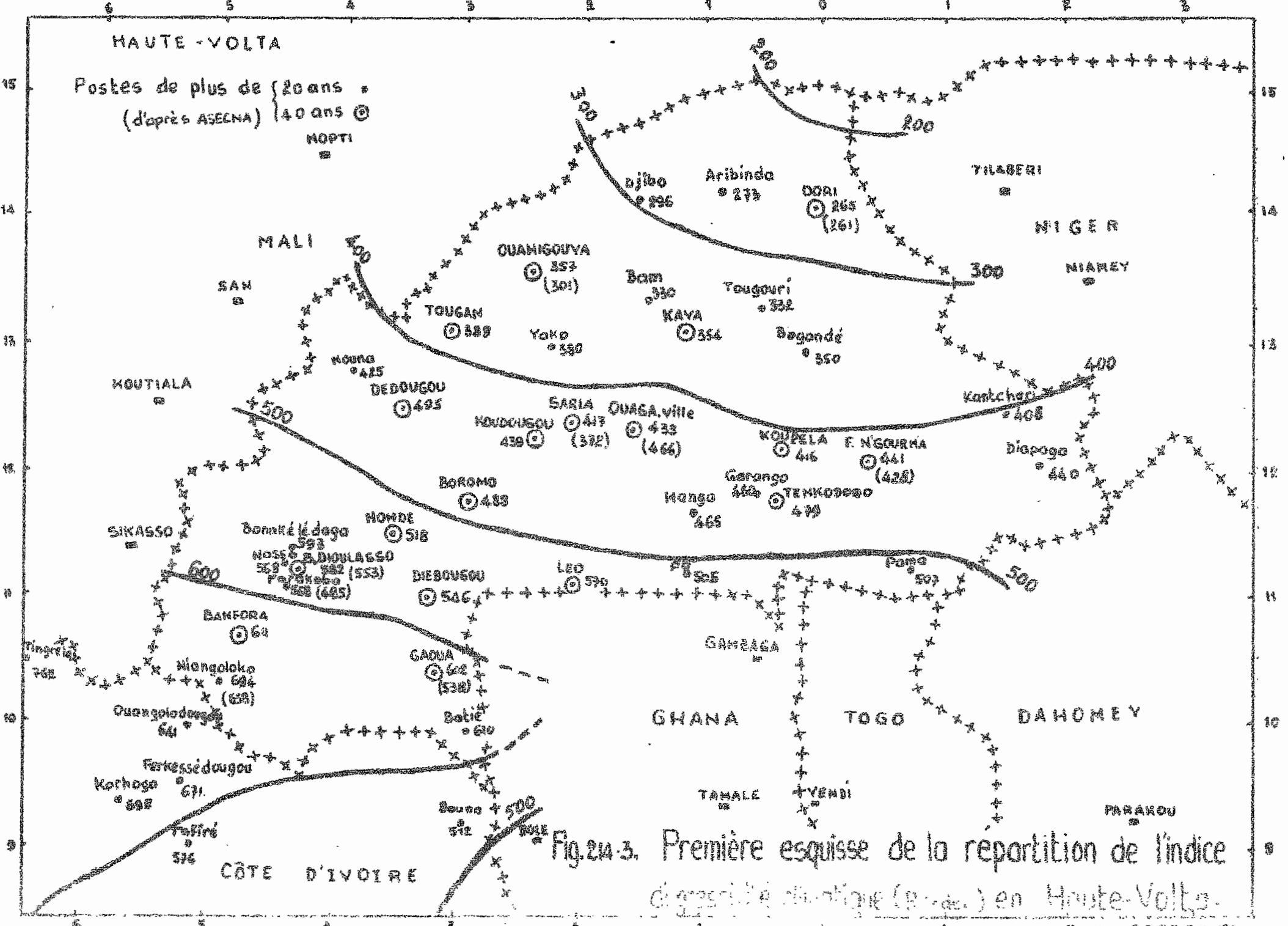


Tableau 214.1. Indice d'érosivité mensuel (R USA)

Saria, campagnes 1971 à 1973 et moyenne sur 30 ans.

1971	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	août	sept.	Oct.	TOTAL annuel
	14,0*	13,5*	5,5*	10,2*	6,3	5,7	2,7		
				3,7	67,6	37,4	12,1		
					2,2	19,4*	15,5		
					14,2	3,5			
					63,9	2,4			
TOTAL	14,0	13,5	5,5	16,4	154,7	54,5	24,4	0	301,5

1972	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	août	sept.	Oct.	TOTAL annuel
		1,4	5,2	10,0	4,5	3,9	2,9	7,1	
			9,5	15,4	7,5	13,9	2,0	4,5	
			19,1	20,1	5,3	1,5	4,3	2,0	
				14,0	34,5	0,8	5,5	12,5	
				21,9	2,8	24,7	4,1		
					3,4	1,8			
					4,5	2,3			
						3,9*			
						4,4			
						3,0			
TOTAL	0	1,4	34,7	82,9	59,7	50,8	18,7	25,2	294,5

1973	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	août	sept.	Oct.	TOTAL annuel
		7,9*	23,3	1,6	4,1	4,2	17,1		
			14,7	4,3	5,8	5,6	10,0		
			20,0*	13,2	13,2*	1,3	10,0		
					3,3	2,4			
					18,6*	12,8			
					30,0	3,8			
					17,1	4,7			
					25,0				
					23,0				
TOTAL	0	7,9	47,0	19,1	245,1	50,9	37,1	0	457,1
Moyenne 1944-73	0,9	12,4	37,9	55,7	113,3	145,5	76,0	12,7	453,2
% du TOTAL	0,2	1,7	7,0	12,3	25,0	33,0	16,8	2,2	100
% CUMULÉS	0,2	2,9	9,9	22,2	47,2	80,2	97,0	99,2	100

* Les valeurs de R marquées d'une astérisque ont été estimées à partir de la courbe moyenne $\log R = f(\log h)$

Notes: Jusqu'en juin 71 les valeurs ont été calculées à partir des hauteurs de précipitation observées au poste "SARIA MÉTÉO"

Tableau: 214-2.

Indice d'érosivité "R_{us}" estimé ou mesuré.

— Sorio, 1944 à 1973 —

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944						5.1	37.0	38.6	57.0	7.7			165.4
1945					114.5	34.6	13.1	362.7	77.3	3.7			672.3
1946				35.7	15.7	84.4	135.5	91.8	87.0	45.5			506.6
1947					14.3	116.7	105.0	108.0	153.8				517.8
1948				28.0	48.0	18.9	127.6	114.4	53.7	2.7			393.3
1949				12.9		58.3	141.3	187.1	99.2				498.8
1950					2.4	89.2	115.9	150.6	164.3	37.4			559.8
1951					23.1	24.7	83.5	252.7	196.5	63.5	2.7		616.7
1952					82.0	46.7	16.9	171.8	117.6	8.3			393.3
1953					41.2	111.2	220.0	164.8	4.2				544.4
1954				3.4	32.9	45.4	195.8	98.5	12.1	46.5			434.9
1955				20.0	56.5	73.5	58.4	85.0	115.6				415.0
1956				25.0	61.3	60.4	151.3	84.0	18.8	5.8			436.6
1957				12.7	63.8	36.9	124.9	63.1	21.2	6.5	17.2		346.3
1958					16.9	88.3	95.7	416.0	139.3				756.2
1959					98.2	106.6	9.1	327.9	91.4				593.2
1960			5.2		17.8	50.6	167.5	61.7	56.2				359.0
1961				27.7	21.3	46.8	182.5	284.0	105.6				666.9
1962				3.6	52.2	121.3	18.7	114.9	43.0	13.3			373.6
1963				71.1		7.5	86.5	116.5	35.0	5.7			352.3
1964				21.0	62.9	62.1	153.6	172.9	120.4			2.7	595.6
1965						56.6	92.4	87.9	58.8	14.4			310.1
1966				17.0	2.6	43.7	16.1	68.6	44.4	19.5			210.9
1967					55.7	26.3	57.9	150.7	23.2				313.8
1968			8.1	66.7	14.5	73.4	122.7	99.6	48.6	63.1			496.7
1969				5.3	37.9	10.8	134.9	285.8	120.8	11.2			606.2
1970					25.6	39.3	150.2	96.8	83.9				395.8
1971			14.0	13.6	3.3	16.9	154.8	69.5	23.4				301.5
1972				1.4	34.8	82.9	69.7	60.8	18.8	26.2			294.6
1973				7.9	48.0	19.1	295.1	50.9	31.1				458.1
Moy ^{44/73}			0.9	12.4	31.9	55.7	113.3	119.5	76.0	12.7	0.7	0.1	453.2
% Moy.			0.2	2.7	7.0	12.3	25.0	33.0	16.8	2.8	0.2	0.02	100
% Pente			0.2	2.9	9.9	22.2	47.2	80.2	37.0	95.8	100	100	100

TABLEAU 214.3 - Agressivité climatique dans quelques stations d'Afrique.

	Années étude	Pluie annuelle moyenne mm	RUSA moyen	Sources	R/P
Abidjan (Côte d'Ivoire)	1966/72	2100	1260	ROOSE thèse; 1973	0,60
Divo (Côte d'Ivoire)	1967/68	1750	860	ROOSE, JADIN; 1969	0,49
Bouaké (Côte d'Ivoire)	1960/72	1225	520	ROOSE, BERTRAND; 1973	0,42
Ouagadougou (Haute-Volta)	1968/69	860	480	ROOSE, BIROT · 1970	0,56
Séfa (Sénégal)*	1964/68	1234	681	CHARREAU, NICOU · 1971	0,55
Bambey (Sénégal)*	1960/68	590	292	CHARREAU, NICOU; 1971	0,50
Dschang (Cameroun)*	1968/71	1970	625	SEGUY ; 1971	0,32
Befandriana (Madagascar)*	1969/70	2031	1375	C T F T ; 1971	0,68
Dori	1966/72	511	261	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,51
Ouahigouya	1967/72	600	301	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,50
Ouaga aéro	1967/72	861	466	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,54
Mogtedo	1968/72	754	378	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,50
Fada N'Gourma	1966/72	857	428	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,50
Bobo aéro	1966/72	1142	553	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,48
Farako Ba	1967/72	1083	485	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,45
Gaoua	1966/72	1124	538	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,48
Niangoloko	1968/72	1265	656	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,52
Saria météo	1968/72	826	372	GALABERT, MILLOGO; 1973	0,45
SARIA P7 (ORSTOM-IRAT)	1971/73	671,1	351,4	1974; ROOSE, ARRIVETS, POULAIN,	0,52

* Chiffres communiqués par CHARREAU en mai 1972 au Séminaire sur les sols tropicaux à Ibadan.

Tableau 22.1 - Résumé mensuel du ruissellement (R% moyen et max) et de l'érosion totale (kg/ha) -
Série - Campagne 1971.

1971 Mois	Pluie		Wischmess		Culture		Eros P		Pluie H mm	Eros Protection	
	H mm	R USA	R% $\left\{ \begin{array}{l} \text{moy} \\ \text{max} \end{array} \right.$	E kg/ha	R% $\left\{ \begin{array}{l} \text{moy} \\ \text{max} \end{array} \right.$	E kg/ha	R% $\left\{ \begin{array}{l} \text{moy} \\ \text{max} \end{array} \right.$	E kg/ha		R% $\left\{ \begin{array}{l} \text{moy} \\ \text{max} \end{array} \right.$	E kg/ha
Juillet	180.1	154.8	54	1.532,5	41	3.516	35	394,2	188.5	26	139.3
			71		57		51			41	
Août	177,2	63.5	45	1.213,2	34	1.915	24	247,4	166.8	4	16.5
			61		49		40			10	
Septembre	93,3	29.4	34	613,5	21	224	12	51.6	109.9	4	10.5
			55		38		24			11	
Résumé annuel - 1971 -	602,1	301.5	43	3.389	26	5.655	20	696.2	630.3	10	166.3
			71		57		51			41	

Tableau 22.2 - Résumé mensuel du ruissellement (R% moy. et max.) et de l'érosion totale (kg/ha) - Sarria - Campagne 1972.

1972 - Mois	Pluie		Wischmeter		Culture		Eros 77 jachère jeune (2ans)		Eros Protection jachère vieille		
	H mm	R usq	R% u max.	E kg/ha	R% u max.	E kg/ha	R% u max.	E kg/ha	jachère vieille		
									H (mm)	R% u max.	E kg/ha
Avril	20.6	1.4	< 20 27	100.0	< 0 0	0	< 0 0	0	32.3	< 0 0	0
Mai	83.6	34.8	< 43 55	1 178.5	< 15 23	625.6	< 4 7	95.6	85.2	< 0.2 0.6	2.3
Juin	144.6	82.9	< 46 58	2 461.4	< 13 40	1 270.8	< 11 29	148.4	150.6	< 1 2	49.7
Juillet	141.1	69.7	< 37 64	5 119.3	< 9 25	760.1	< 6 17	156.5	138.4	< 0.3 1	14.9
Août	178.7	60.8	< 25 61	1 816.5	< 12 37	428.4	< 3 9	57.6	178.6	< 0.2 0.5	12.8
Septembre	82.8	18.8	< 40 69	953.6	< 5 19	36.7	< 2 6	20.9	100.7	< 0.3 1	5.4
Octobre	73.3	26.2	< 31 48	1 339.4	< 7 15	62.7	< 0.5 1	8.6	73.5	< 0.1 0.3	2.0
Résumé annuel ~ 1972 ~	724.3	294.6	< 35 69	13 304.7	< 10 40	3 182.3	< 5 29	487.6	765.1	< 0.4 2	86.3

Tableau 22.3. Résumé mensuel du ruissellement (R% moyen et maximum), et de l'érosion totale (kg/ha) - Sarria. Campagne 1973.

1973 Mois	Pluie		Vischmies		Culture		Eros 17 Sachère jeune (2ans)		Pluie		Eros Protection jachère vieille	
	H (mm)	R usa	R% moy. max.	E kg/ha	R% moy. max.	E kg/ha	R% moy. max.	E kg/ha	H (mm)	R% moy. max.	E kg/ha	
Avril	18.3	7.9	< 1 1	55.2	< 1 1	10.1	< 0.2 0.2	2.3	20.2	< 0 0	0	
Mai	86.3	48.6	< 38 42	1143.7	< 7 15	356.3	< 1 1	18.3	105.5	< 0.3 0.4	13.5	
Juin	63.6	19.1	< 5 32	411.0	< 7 22	386.5	< 0.4 1	9.8	72.7	< 0.3 1	11.4	
Juillet	283.5	295.1	< 43 69	5836.9	< 50 64	1374.8	< 12 22	134.6	286.7	< 0.4 1	53.1	
Août	142.7	50.9	< 37 58	1224.6	< 2 15	216.1	< 1 5	14.9	154.8	< 0.1 1	13.5	
Septembre	78.0	37.1	< 34 54	620.2	< 22 44	202.7	< 0.5 1	5.3	71.3	< 0.1 0.4	2.3	
Résumé annuel ~ 1973 ~	672.4	458.1	< 38 63	9291.6	< 27 64	2476.5	< 6 22	185.4	711.2	< 0.3 1	100.1	

Tableau 22.5 Écart de l'influence de l'azote et de l'azote appliqué sur le renouvellement (R2%), l'érosion (kg/ha) et la turbidité (mg/l) - Saison hivernale 7, Cumbayon 19/2 et 73 -

Date	Pluie		Renouvellement (%)			Érosion (kg/ha)			Turbidité (mg/l)		
	h (mm)	Rusa	Wisch	Cult.	Fach.	Wisch	Cult.	Fach.	Wisch	Cult.	Fach.
31/5/72	34,5	19,1	52	23	5	111	205	14	1950	1525	150
5/6	22,0	10,5	58	17	5	280	143	24	1550	1875	152
7 et 8/6	bêcheage		+	+ paillis	-	+	+ paillis	-	+	+ paillis	-
10/6	21,7	15,4	12	2	5	351	173	22	5070	5505	170
14/6	22,7	20,1	52	5	5	524	224	17	2940	3425	1550
22/6	29,2	14,0	34	5	29	451	325	45	155	2025	345
28/6	29,5	21,9	55	40	14	575	310	19	130	1220	110
14/7	13,4	5,3	50	2	1	934	13	18	10920	4520	5590
19/7	35,4	34,5	54	17	17	5113	255	90	10835	2150	110
21/7	binage		+	-	-	+	-	-	+	-	-
25/7	bêcheage		-	+	-	-	+	-	-	+	-
25/7	15,5	2,7	0	2	2,3	0	18	3		545	170
27/7	10,7	3,4	0,4	1	0,6	125	51	14	2500	1620	250
30/7	18,1	11,6	35	11	5	424	57	12	4275	1525	110
7/8	26,5	13,9	55	37	4,5	474	147	10	1315	1055	110
5/8/73	20,6	13,2	41	54	5	619	134	10	675	150	100
7/7	10	3,3	54	43	0,7	223	35	4	500	175	140
15/7	29,4	18,6	55	54	0,7	575	145	5,5	310	520	305
17/7	binage		+	+	-	+	+	-	+	+	-
22/7	20,2	30,0	33	26	5	913	299	18	2145	175	105
24/7	47,0	13,1	> 57	50	20	2582	487	42	480	425	100
27/7	24,9	25	59	63	20	423	104	15	235	130	105

22. Le ruissellement.

On étudiera simultanément les trois campagnes.

Les résultats journaliers des campagnes 1972 et 73 sont réunis en annexe : on se reportera au rapport de campagne 1971 (ARRIVETS, ROOSE, CARLIER, 1973) pour les résultats de la 1ère année. Par contre les coefficients de ruissellement moyens et maxima mensuels des trois années sont réunis aux tableaux 22.1 à 22.3 et les résumés annuels au tableau 22.4.

TABLEAU 22.4 - Résumé annuel des coefficients de ruissellement observés à la station de Saria:
Ruissellement (KR %)

	Pluies		"Sol nu trav.		"Sorgho butté		"Jachère jeune		"Jach. vieille	
	h (mm)	RUSA	"K _r moy	!maxi.	"K _r moy	!maxi.	"k _r moy	!maxi	"K _r moy	!maxi
1971	602	302	" 43	! 71	" 26	! 57	" 20	! 51	" 10	! 41
1972	724	295	" 35	! 69	" 10	! 40	" 5	! 29	" 0,4	! 2
1973	672	458	" 38	! 69	" 27	! 64	" 6	! 22	" 0,3	! 1

Parcelle de WISCHMEIER.

En P7 sur sol nu travaillé superficiellement tous les mois, le ruissellement annuel varie de 35 à 43 % des précipitations sans relation apparente avec la hauteur annuelle de ces dernières. Les coefficients (K_r maxi.) maxima atteints lors des pluies les plus intenses sont de l'ordre de 70 % mais peuvent évidemment monter encore au cours des pluies unitaires. Les ruissellements les plus forts sont à craindre de mai à septembre sur sol dépourvu de toute végétation. Il ne semble pas y avoir d'augmentation systématique des coefficients de ruissellement au fil des mois probablement parce que les pluies sont suffisamment éloignées les unes des autres et le sol dans les mêmes conditions de porosité (travail mensuel).

Par contre l'effet du travail du sol (labour et dans une moindre mesure les binages) se fait nettement sentir mais pendant un temps limité de 3 à 4 semaines pour le labour, 1 à 2 semaines pour le binage - (voir tableau 22.5 et figures 22.1 et 22.2).

Parcelle sous culture.

Rappelons que cette parcelle est soumise d'une part à divers travaux du sol (labour en juin, buttage fin juillet et mi-août dans le sens de la pente) et d'autre part à la croissance du couvert végétal qui pour le sorgho est médiocre (80 x 40 cm) et n'approche 80 % que fin août.

Le ruissellement annuel moyen varie de 10 à 27 % des précipitations tandis que les coefficients maxi par pluie unitaire atteint 40 à 64 %.

Les coefficients moyens mensuels augmentent jusqu'en juin ou juillet (humectation du sol) après quoi ils décroissent à mesure que le couvert augmente. Il faut noter que lorsque le 24 juillet 73 le sol a été soumis à une averse exceptionnelle et lors des pluies importantes qui l'ont suivie, le ruissellement sous culture buttée dans le sens de la pente a été du même ordre de grandeur que sous sol nu ; par contre l'érosion fut nettement moindre sous le couvert de sorgho. Le labour diminue le ruissellement durant 3 à 4 semaines et le binage durant 1 à 2 semaines (voir tableau 22.5) mais l'action du buttage est très limitée du fait de son orientation dans le sens de la plus grande pente.

Parcelle sous jachère jeune (P7)

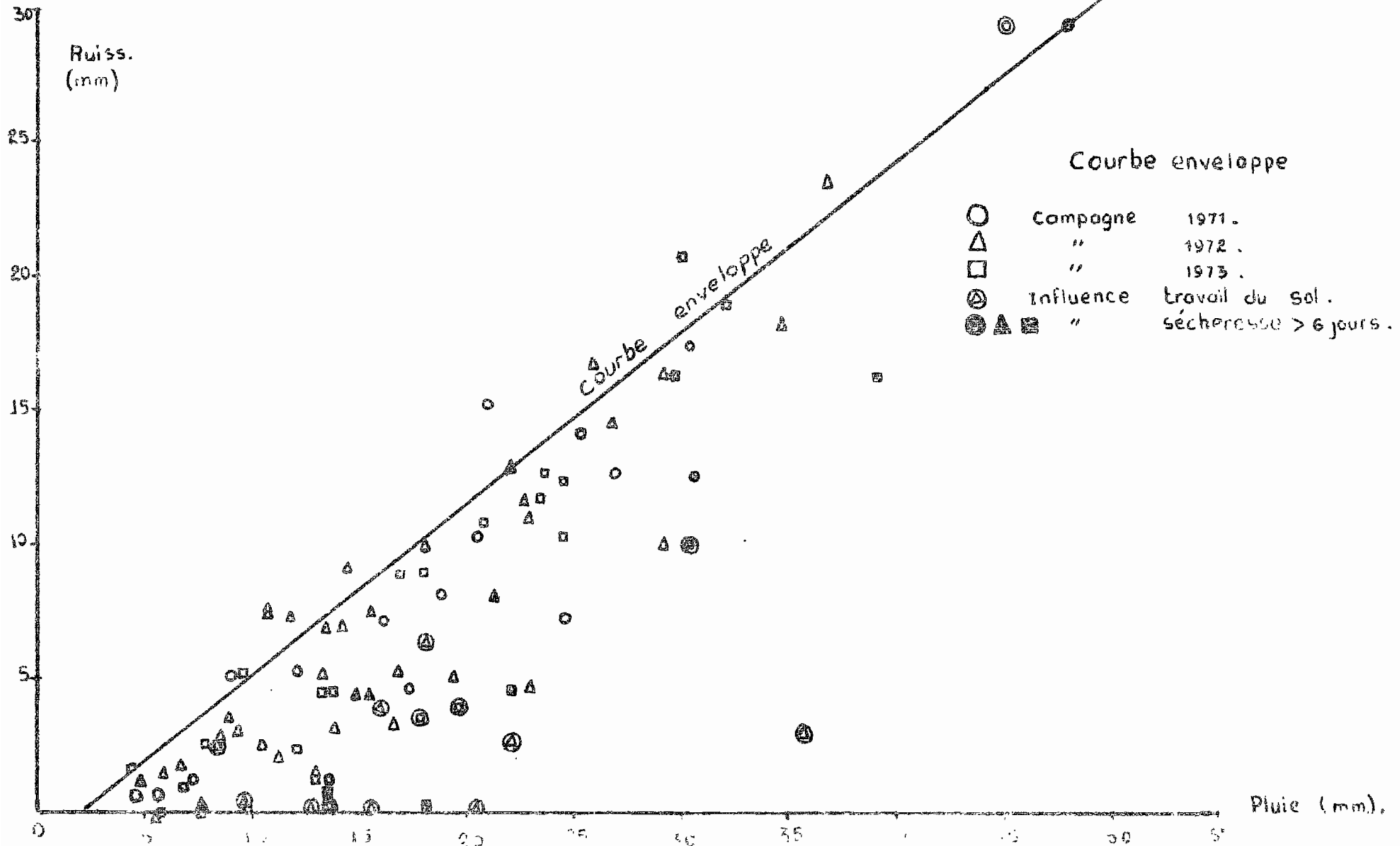
Alors qu'en début 1971 cette parcelle était pratiquement nue (couvert estimé à 5 % le 15/8/71), sa couverture protégée intégralement (principalement des graminées basses et quelques Andropogon) s'est considérablement améliorée (94 % le 28/7/73) au point de limiter sérieusement les phénomènes d'érosion.

Le ruissellement annuel moyen tombe de 20 % des précipitations la première année à environ 5 % dès la seconde année tandis que les coefficients max. par pluie décroissent de 51 % à 29 puis 22 %.

A mesure que la végétation se développe (d'une année à l'autre et d'un mois au suivant à partir de juin) le ruissellement diminue : l'action propre au couvert végétal qui intercepte l'énergie des gouttes de pluie a certainement été augmentée par celle du paillage naturel (chaumes morts accumulés d'une année à l'autre) qui favorise l'activité de la micro et de la mésofaune (termites) et donc améliore la porosité de la couche superficielle du sol (peu d'encroûtement). Les phénomènes seraient sûrement différents si les herbes de la jachère étaient exportées ou brûlées.

Fig 22-1. Lame ruissellée (mm) en fonction de la hauteur de l'averse (mm).

— Soria, parcelle nue ; campagnes 1971-72-73 —



Parcelle sous vieille jachère (Protection).

Malgré le pâturage et le fauchage auxquels était soumise cette parcelle jusqu'en juin 1971, le couvert végétal fut estimé à 85 % le 15/8/71.

Les hautes graminées (Andropogon) et les arbustes se sont accumulés depuis lors au point que la parcelle soit parfaitement protégée (paillis et fourré épais couvert estimé à 96 % le 28/8/73). De plus le sol, gravillonnaire dès la surface, est plus perméable que celui de la parcelle 7.

Le ruissellement annuel moyen est donc tombé de 10 à 0,3 % des précipitations et les coefficients max. par pluie ont décréu de 41 % à 1 % en 1973 malgré la pluie exceptionnelle de 97 mm du 24/7/73. Depuis 1972 il est difficile de distinguer l'effet de la croissance végétale et de l'humidité préalable du sol sur le ruissellement tellement celui-ci est réduit (moins de 1 %).

Quels sont les facteurs principaux qui influencent le ruissellement ?

Ce sont dans l'ordre décroissant, la couverture végétale, la hauteur de pluie, le travail du sol et l'état d'humidité du sol avant la pluie.

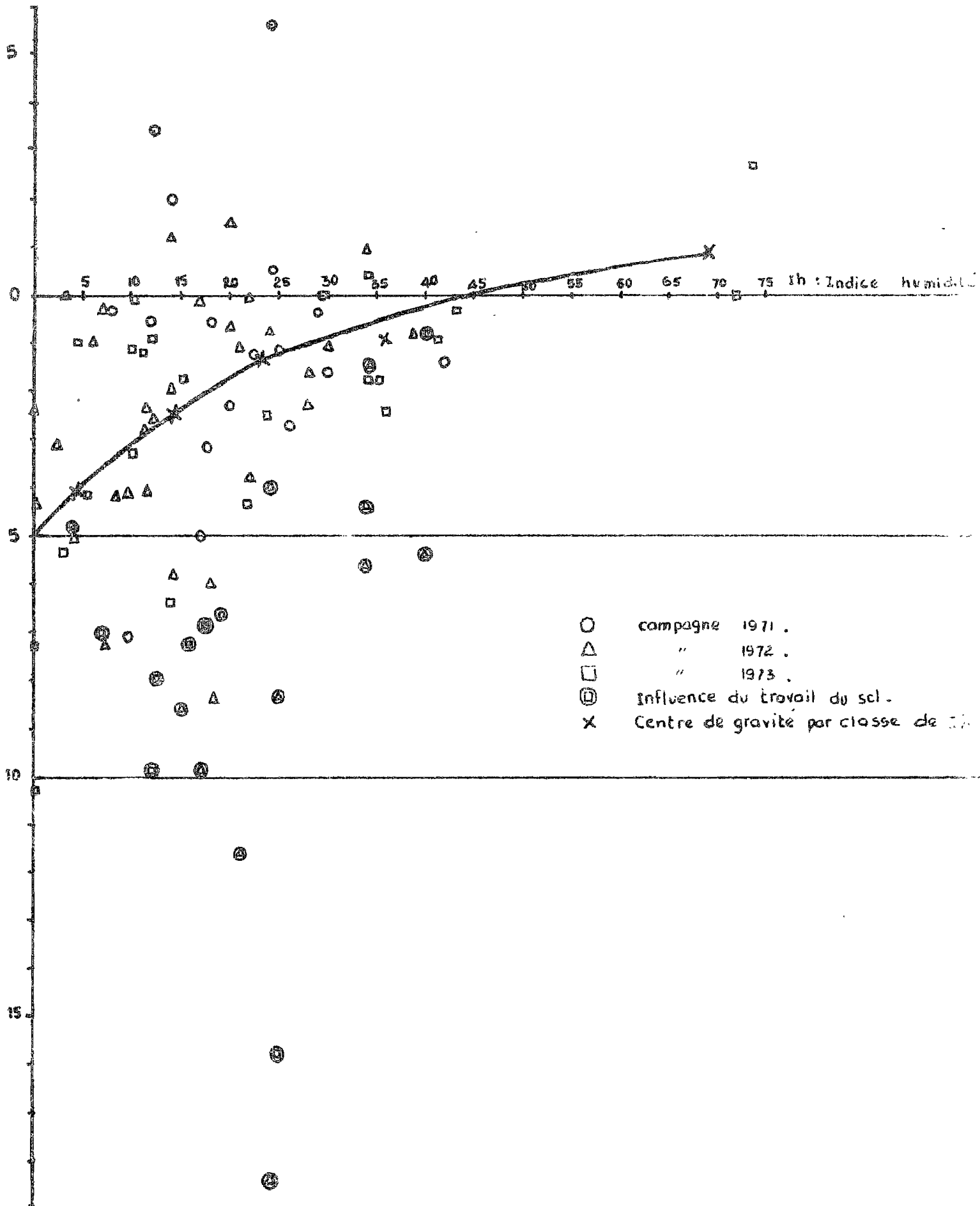
Le facteur le plus actif est la végétation. Le tableau 22.4 est assez clair à cet égard qui montre qu'en 1973 par exemple le coefficient de ruissellement annuel moyen passe de 38 % sur sol nu à 27 % sous sorgho, 6 % sur jeune jachère et 0,3 % sur vieille jachère. Au bout d'un an ce coefficient passe de 20 à 5 % sur une jeune jachère.

A la figure 22.1 on a reporté la lame ruisselée (mm.) en fonction de la hauteur de l'averse (mm). La couche enveloppe qui caractérise le ruissellement qui s'établit lors des pluies tombant sur un sol déjà bien humide montre bien que ce ruissellement croît régulièrement avec la hauteur de la pluie.

A cette même figure 22.1 apparaissent des écarts entre la courbe enveloppe et le ruissellement réellement observé sur la parcelle nue cultivée de référence. Si on reporte sur un graphique

Fig. 22.2. Écart de la lame ruissellée en fonction de l'indice d'humidité (Ih).

- Sario, campagnes 1971 à 73 -



(fig. 22.2) ces écarts en fonction de l'indice d'humidité de Kohler (Note 1) on constate d'une part l'importance du travail du sol (tous les écarts sur sol travaillé sont supérieurs à la courbe moyenne) et d'autre part la croissance des écarts avec la sécheresse du sol ($E = 5 \text{ mm}$ si $I_h = 0$, 2 mm si $I_h = 20$, 0 si $I_h > 40$).

Le tableau ci-après résume les valeurs extrêmes de cet indice durant les mois pluvieux de 1971 à 1973.

	1971		1972		1973	
	maxi	mini	maxi	mini	maxi	mini
M	17	7	11	0	10	0
J	11	0	41	8	25	4
J	60	8	24	8	74	11
A	45	14	40	14	43	16
S	22	15	35	10	32	7
O	4	0	11	3	0	0

23. L'érosion.

Les résultats des observations journalières en 1972 et 73 sont réunis aux tableaux en annexe: voir le rapport de campagne 1971 pour la 1ère année.

Par contre les pertes en terre (kg/ha) mensuelles et annuelles des trois campagnes sont rapportées aux tableaux 22.1 à 22.3.

Note 1. L'indice d'humidité de KOHLER est calculé en fonction du total cumulé des averses antérieures corrigée par le temps séparant ces averses. Il est de la forme $I_i = I'_i - e^{-Kt_j}$ où I_i est l'indice après t_j jours sans pluie immédiatement avant l'averse étudiée du jour i . Après cette averse cet indice devient $I'_i = P_i + I_i$.
Avec MOLINIER (1971) nous avons choisi $K = 0,177$ soit $e^{-K} = 0,84$ ce qui revient à estimer que l'indice est réduit à 1/10 de sa valeur après 13 jours sans pluie.

TABLEAU 23.1 - Erosion annuelle : Saria, campagnes 1971-72-73.

	Pluies		Pertes en terre (t./ha)			
	h (mm)	RUSA	Sol nu travaillé (Wischmeier)	Culture sorgho	Jachère jeune	Jachère 30 ans
1971*	461*	254*	3,4*	5,7*	0,70*	0,17*
1972	724	295	13,3	3,2	0,49	0,09
1973	672	458	9,3	2,5	0,19	0,10
Moyenne	619	336	8,7	3,8	0,46	0,12

* Campagne incomplète débutant le 8 juillet.

On voit immédiatement au tableau 23.1 l'influence des différents traitements : 9 à 10 tonnes de perte en terre sur sol nu travaillé, 3 à 4 tonnes sous culture de sorgho butté selon la plus grande pente (influence labour d'enfouissement et couvert végétal), 0,5 tonnes sur sol non travaillé abandonné à l'enherbement naturel (couvert très efficace dès la seconde année) et 0,1 tonne pour une très vieille jachère protégée des feux et de toute forme d'exploitation.

Si on compare avec l'érosion admise aux USA qui varie de 2 à 12 tonnes/ha/an en fonction de la qualité et de la profondeur du sol on constate que ces pertes ne sont pas quantitativement dramatiques pour les sols profonds de la région. Par contre ces pertes sont graves là où la cuirasse est à faible profondeur. De plus il faut souligner le fait que ce sont les particules colloïdales organiques et minérales, les plus utiles pour assurer la réserve en eau et en minéraux nutritifs qui s'échappent des champs et provoquent ainsi un appauvrissement rapide des horizons superficiels (voir Chap. 3).

On peut constater au tableau 23.1 une évolution au cours des années. En 1971 l'érosion sur sol nu a été nettement plus faible que les années suivantes sans doute à cause des matières organiques résiduelles. Sous culture le phénomène est inverse à cause de l'enfouissement des pailles. Sous jachère, surtout la jeune jachère, la baisse est rapide en fonction de l'évolution de la couverture végétale et de l'amélioration de la perméabilité à la surface du sol.

Estimation du couvert végétal des cases ERLO

	Protection	P7
30/ 8/71	85 %	5 %
28/ 8/73	96 %	94 %
15/ 5/74	96 %	96 %

Les pertes en terre les plus élevées sont observées en juillet et quelque fois en mai, juin et août lorsque le sol est peu couvert et les pluies les plus agressives.

Le travail du sol (voir tabl. 22.5) arrête momentanément le ruissellement et donc l'érosion mais celle-ci reprend plus rapidement car les charges solides des eaux sont bien plus élevées après la rupture de la croûte superficielle qui protège le sol (perte de cohésion). Il faut donc envisager non seulement de labourer le sol en profondeur pour piéger les eaux de pluie mais aussi d'orienter les façons culturales perpendiculairement à la pente (même si celle-ci n'atteint pas 1 %) pour limiter les déplacements de terre.

Il est intéressant de noter l'importance des pluies exceptionnelles qui influencent toujours beaucoup le niveau des pertes quelles que soient les précipitations du restant de l'année.

	Pluie		"	Sol nu	"	Culture	Jeune	Vieille
	h	RUSA	"	travaillé	"		jachère	jachère
	(mm)		"		"			
24/ 7/73	97	171	R %	> 60 %		52	20	0,2
			E	2.682 kg/ha		487kg/ha	42 kg/ha	17 kg/ha
	E % de E total 73"			29 %		20 %	23 %	17 %
	R % de R total 73"			23 %		28 %	48 %	1 %

La pluie du 24 juillet 1973 représente 21 % de la hauteur annuelle et a provoqué 20 à 30 % des pertes en terre et 20 à 50 % des pertes en eau. On peut remarquer que sous vieille jachère la perméabilité très élevée du sol gravillonnaire bien protégée par une litière de paille est restée supérieure à l'intensité de la pluie (100 mm/h. pendant 30 minutes).

Par contre en P7 où un mince sol ferrugineux recouvre une carapace peu perméable, le ruissellement est très élevé, ce qui a permis la manifestation de l'érosivité de cette pluie.

On doit cependant admettre avec WISCHMEIER que c'est la somme des énergies de toutes les pluies significatives (plus de 10 mm) qui fixe le niveau de l'érosion en nappe et non celle des pluies exceptionnelles qui, elles, détermineraient le niveau des transports dans les oueds et les fleuves (Heusch au Maroc).

24. Les coefficients de l'équation de prévision de l'érosion. (Wischmeier)

A partir de plus de 10.000 résultats annuels, Wischmeier et Smith (1962) développèrent une équation(1) de prévision de l'érosion qui s'écrit :

$$E = R \cdot K \cdot SL \cdot C \cdot P. \quad (1)$$

où - E est l'érosion en t/ha

- R est l'indice d'agressivité climatique qui tient compte de l'interaction de l'énergie cinétique exprimé en pied tonne/acre) et de l'intensité max. en 30 minutes (exprimé en pouce par heure) des pluies.
- K est un indice de résistance des sols à l'érosion hydrique mesuré sur une parcelle standart (sol nu sans apport de matière organique depuis 3 ans) régulièrement travaillé dans le sens de la pente.
- SL est le facteur topographique comprenant la longueur et l'inclinaison de la pente,
- C facteur biologique comprenant les interactions liant la couverture végétale et les techniques culturales,
- P facteur tenant compte des aménagements antiérosifs.

Connaissant l'agressivité climatique d'une région, l'érodibilité d'un sol et la topographie des terrains à mettre en valeur, on peut déterminer scientifiquement quelles sont les techniques antiérosives à mettre en oeuvre si on décide d'y introduire un type de culture sans dépasser une érosion tolérable (2 à 12 t/ha/an aux USA en fonction de la qualité et de l'épaisseur de la couche arable).

- L'érosion a été mesurée sur 4 parcelles pendant 3 ans.
(voir tableau 23.1)
- L'indice d'agressivité (RUSA) a été défini au § 214 pour chacune des campagnes (254 - 295 et 458) et en moyenne sur 30 ans (453).
- Le facteur topographique peut se calculer en fonction de l'équation :

$$SL = \frac{\sqrt{L}}{100} (0,76 + 0,53 S + 0,076 S^2) \quad (2)$$

où L s'exprime en pieds (1 pied = 0,3045 mètres)

S en %

A Saria le facteur SL varie de :

Pente	Longueur	SL.	
0,7 %	22,2 mètres	0,0997	parcelle Wischmeier en P7
0,7 %	41,7 mètres	0,1366	parcelle ERLO en P7
1,4 %	41,7 mètres	0,1931	parcelle ERLO en protection

- La susceptibilité du sol à l'érosion (K) se calcule à partir de l'équation :

$$K = \frac{E}{R \cdot SL \cdot 2,24} \quad (3)$$

où K est l'indice de susceptibilité du sol (sans unité),
 E est l'érosion mesurée en t/ha sur la parcelle nue standard,
 R est l'indice d'agressivité climatique de la période considérée,
 SL est l'indice topographique,
 2,24 est le coefficient qui permet de passer des unités décimales (tonne métrique/ha) aux unités anglaises (tonne courte/acre).

K mesuré	"	K "estimé d'après	"
	"	diagramme Wischmeier et coll.	Dumas
	"	P7 Prot	P7 Prot
1971	0,06	% sable 0,1 à 2 mm = 55,49	% cailloux 10,50
1972	0,20	% 2 à 100 u = 32,35	% mat. organique 0,81,5
1973	0,09	"mat. organique % = 0,81,5	"
Moyenne	0,11	" K varie de 22 à 30,22 à 24	K = 0,28,0,05

On voit que l'indice de susceptibilité du sol mesuré à la parcelle 7 augmente de 0,06 en 1ère année à 0,20. La moyenne $K = 0,11$ indiquerait un sol sableux assez résistant à l'érosion (K aux USA varie de 0,05 à 0,60 en fonction de leur susceptibilité croissante). L'indice mesuré moyen est nettement inférieur à ceux qu'on pourrait estimer d'après les caractéristiques du sol prises en compte par WISCHMEIER et ses coll. (1971) ou par DUMAS (1965). Ceci proviendrait d'un travail du sol intempestif ou encore de l'effet modérateur de la matière organique résiduelle du sol. Rappelons qu'à Gampela (CTFT, 1973) sur un sol ferrugineux gravillonnaire à carapace peu profonde on a obtenu des chiffres faibles, voisins de ceux de Saria durant les premières années puis ensuite des chiffres supérieurs à 20 ce qui rend bien compte de la fragilité relative de ces sols ferrugineux par rapport aux sols ferrallitiques (ROOSE, 1973). Il faudrait donc attendre encore 1 ou 2 ans pour obtenir des résultats valables sur le terrain.

- Le coefficient C compare les pertes en terre sous culture à celles qu'on a observées dans les mêmes conditions sur la parcelle nue. En reprenant le tableau 231 on constate que ce coefficient C varie d'une année à l'autre mais qu'il semble tendre vers

- 1 sur la parcelle nue travaillée tous les mois,
- 0,4 sous une culture de sorgho fertilisé butté selon la pente,
- 0,05 sous une jachère de 2 ans,
- 0,01 sous une vieille jachère en défens stricte.

- Aucune technique antiérosive n'a été testée à Saria.

Rappelons que aux USA

- $P = 0,75$ si le labour est isohypse,
- $P = 0,50$ en cas de labour + buttage isohypses,
- $P = 0,25$ si labour + bandes enherbées isohypses.

Signalons enfin qu'un mulch de quelques centimètres d'épaisseur peut réduire l'érosion et le ruissellement à des proportions tout à fait négligeables.

25. Conclusions sur les phénomènes d'érosion.

Sur les 3 années d'observation deux furent particulièrement sèches (1971-73) et une (72) à peu près normale mais peu agressive.

Les pluies de plus de 40 mm furent rares. On a cependant enregistré une pluie \pm décennale (\pm 100 mm) en pleine année déficitaire. Les intensités observées sont voisines de celles publiées par BRUNET-MORET : elles sont fortes mais moins qu'en basse Côte d'Ivoire par exemple car les relations intensité-durée en fonction de la hauteur de la pluie annuelle restent assez voisines. Ceci nous a permis, après dépouillement de 3 années de pluviogrammes et grâce aux travaux du CTFT sur l'indice d'agressivité en Haute-Volta de constater que cet indice moyen n'est qu'une fraction assez constante ($0,50 \pm 0,05$) de la hauteur de pluie annuelle moyenne : d'où un schéma de carte de l'agressivité du climat en Haute-Volta/^{qui} complète celui que nous avons dressé en Côte d'Ivoire.

Dans une région où l'alimentation hydrique des cultures est aussi précaire que dans le Centre Haute-Volta, les pertes par ruissellement sont inadmissibles.

Or sur sol nu, le ruissellement peut atteindre 35 à 45 % des pluies annuelles et jusqu'à 70 % au cours des fortes pluies. Sur une jachère de deux ans ces coefficients tombent respectivement à 5 % pour l'année et 25 % pour les plus fortes averses. Sous sorgho la couverture végétale reste faible surtout pendant les deux premiers mois. Le labour a une action très nette sur l'infiltration mais elle est fugitive (2 à 4 semaines); l'amélioration de l'infiltration par les façons superficielles (sarclage, binage, etc...) est encore plus réduite. Le buttage orienté selon la plus grande pente ne réduit guère le ruissellement. Le travail du sol (même mal orienté) et la couverture végétale (même médiocre) ramènent le ruissellement annuel à 25 % et le ruissellement journalier max. à 40-60 %.

Les transports de terre sont relativement réduits du fait de la faible pente : 10 tonnes/ha sur sol nu, 4 t/ha sous sorgho butté dans le sens de la pente, 0,5 t/ha sous jeune jachère et 0,1 t/ha sous vieille jachère. La couverture végétale et temporairement le travail du sol ont une action nette sur l'érosion et il semble qu'il suffirait de peu de chose pour enrayer cette déperdition en éléments les plus riches du sol. En effet ce sont les particules fines (colloïdes organiques et minéraux) et les sols

nutritifs qui migrent en suspension stable dans l'eau jusqu'aux fleuves : le sol de parcelles érodées s'enrichit en sable et gravillons et perd ainsi les réserves en eaux et en minéraux.

Dans ces circonstances (pluies max. de 100 mm, pente faible, évapotranspiration potentielle très élevée même en saison des pluies) il nous semble nécessaire de prévoir des petits aménagements antiérosifs de rétention totale comprenant (ROOSE, 1971) la concrétisation des courbes de niveau par des gros billons (40 cm de haut) enherbés en permanence, le labour et les façons culturales en courbe de niveau, une fertilisation adéquate permettant de semer dense le plus tôt possible, et éventuellement un léger paillage (déchets de culture ou herbes de la jachère) pour compléter la couverture végétale en début de cycle.

Une excellente méthode de lutte contre le ruissellement consiste à maintenir à la surface du sol les résidus de récolte (paillis) jusqu'après les premières pluies ; on obtient ainsi leur infiltration totale (pas d'encroûtement) ce qui permet un labour précoce d'enfouissement avec ou sans brûlis. Selon l'importance de la végétation et surtout des moyens mécaniques disponibles. Cette méthode, extrêmement souhaitable sur le plan technique, demande cependant une véritable révolution des esprits en pays Mossi où toutes les pailles sont utilisées à des fins ménagères ou artisanales.

CHAPITRE 3 - ESSAIS DE BILAN HYDRIQUE.

On passera d'abord en revue les données d'observation durant les campagnes 1971-72-73 puis on essayera de schématiser le bilan mensuel pour deux couvertures végétales et deux sols en année moyenne, humide et sèche et on en tirera les conséquences en ce qui concerne les aménagements antiérosifs et les dangers de perte des éléments par drainage.

Les données mensuelles des éléments du bilan sont d'abord discutées avant d'être résumées aux tableaux 31.1 à 31.4.

31. Les données d'observation.

311. Les précipitations.

Les pluies journalières observées en P7 et protection durant les campagnes 1971 à 73 rassemblées aux tableaux 21.1 à 21.6 : leur résumé mensuel repris aux tableaux 31.1 à 31.4.

Les précipitations mensuelles moyennes proviennent du dépouillement des observations de la station météo de Saria de 1946 à 1970. (Voir ARRIVETS, ROOSE, CARLIER, 1973). Rappelons que les campagnes 1971 à 73 ont été déficitaires de 100 à 200 mm (616 à 724 mm) par rapport à la moyenne (826 mm). Les pluies 1971-73 au poste Protection sont légèrement plus élevées qu'en P7 mais cette différence devrait disparaître sur les moyennes de plus de 20 ans.

312. Le ruissellement.

Il a été mesuré dans quatre circonstances précises.

- a) en P7 sur sol ferrugineux peu épais sur carapace vers 50 cm
 - 1- sur jachère jeune, d'abord très peu, puis bien couverte:
 K_r % passe de 20 à 5 %: on retiendra un K_r de 5 % pour caractériser le ruissellement annuel moyen d'une jachère de plus de 2 ans pas trop exploitée ni trop sévèrement brûlée (brûlis hâtif).
 - 2- sur sorgho labouré puis butté dans le sens de la pente:
 K_r % varie de 10 à 27 % en fonction de la mauvaise répartition des pluies (un semis tardif entraîne un faible couvert donc un fort ruissellement). On retiendra donc un K_r de 20 % pour le ruissellement sous sorgho en année moyenne

3. sur sol nu travaillé K_r varie de 35 à 43% : ces circonstances étant très artificielles on ne les retiendra pas dans le schéma de bilan moyen.

b) en Protection sur sol ferrugineux gravillonnaire dès la surface.

4. sous vieille jachère (savane arborée à hautes herbes) le couvert est presque complet en permanence (protection contre les feux et toute forme d'exploitation d'origine humaine et animale): le K_r a varié de 10 à 0,3 %.

Pour caractériser le ruissellement annuel moyen d'une jachère de plus de 3 ans pas trop exploitée sur ce type de sol on retiendra un $K_r = 3$ %.

Nous n'avons malheureusement pas de mesure des phénomènes d'érosion sous culture sur sol gravillonnaire mais à Gampela le CTFT a mesuré des ruissellements annuels (1967-68-69) de l'ordre de 15 % sous sorgho avec labour et buttage dans le sens de la pente.

313. Le drainage vertical.

Le drainage vertical mesuré en lysimètre (même non remanié) - est trop faible à cause de l'eau retenue par capillarité au-dessus du fond drainant, - est trop fort puisque les bords du lysimètre qui dépassent du sol ne permettent aucun ruissellement. En pratique on fait la moyenne des répétitions (après suppression des valeurs aberrantes) pour obtenir le drainage brut et on en défalque le ruissellement mesuré sur parcelle d'érosion pour estimer le drainage corrigé.

Aux tableaux 31.5-6 et 7, sont réunies les valeurs du drainage brut par quinzaine et par lysimètre. On peut y constater de grandes variations; afin d'écarter les valeurs aberrantes et d'expliquer les valeurs retenues aux tableaux 31.1 à 31.4 et 31.8 il nous faut faire un bref commentaire pour chaque groupe de lysimètres.

Enfin, en mai 1973 nous avons dû procéder à la vérification des lysimètres en irrigant. On a donc comblé le déficit du sol pour le ramener à capacité au champ avant que ne commence le drainage : il faudra en tenir compte (voir annexe 31.1).

Campagne 1971

S DV 1 à 4

Sorgho : lysimètres profonds de 50 cm.
L'installation des lysimètres étant tardive, on n'a pas effectué de test pour vérifier l'étanchéité des joints: le drainage n'a réellement débuté qu'en juillet. On n'a tenu compte que des valeurs relativement voisines (Ex. SDV 2 et 3 du 16 au 31/7).

TABLEAU 31.1 - Essais de bilan hydrique mensuel moyen : Saria, jachère bien couverte, campagnes 1971-72-73
K_g moyen estimé à 5 % ; réserve hydrique 60 mm

		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Total	%
Pluie (mm)	1971	0	0	28,2	30,6	23,7	73,1	183,6	179,1	94,2	4,1	0	0	616,6	100
	1972	0	0	0	20,8	83,6	144,6	141,1	178,7	82,2	73,3	0	0	724,3	100
	1973	0	0	0	18,3	86,3	63,6	283,5	142,7	78,0	0	0	0	672,4	100
	P. Moy. 3 ans	0	0	9,4	23,2	64,5	93,8	202,7	166,8	84,8	25,8	0	0	671,1mm	100
P. Moy. 1946/70		0	0,9	2,9	28,4	37,1	118,3	184,2	250,7	162,4	36,7	3,3	1,0	826,1	100
Ruiss.(mm)	1971	-	-	-	-	-	-	63,0	43,5	11,3	0	0	0	117,8	19,1*
	1972	0	0	0	0	2,9	16,1	7,8	6,1	1,2	0,4	0	0	34,5	4,8
	1973	0	0	0	0,1	0,5	0,3	35,2	1,4	0,4	0	0	0	37,9	5,6
	R. moyen 3 ans	0	0	0	0,1	1,7	8,2	35,3	17,0	4,3	0,1	0	0	66,7mm	9,9 %
R. moyen estimé 5 %		0	0	0,1	1,4	1,9	5,9	9,4	12,7	8,1	1,8	0	0	41,3	5,0
ETP	Turc 1971	220	200	190	172	170	151	148	138	144	168	176	164	2041	331
	bac 1972	171	147	197	184	183	135*	103	76	129	163	146	131	1765	244
	bac 1973	132	203	195	175	192	160	93	97	143	143	162	151	1846	275
	ETP moy. 3 ans	174	183	194	177	182	149	115	104	139	158	161	149	1885	281
ETP moy. 1953-67 Ouaga		187	188	216	178	155	136	129	116	126	149	165	160	1905	231
ETR	1971														
	1972														
	1973														
	Moyenne 3 ans														
ETR brut moyen 30 ans		0	0,9	2,8	27,0	35,2	112,4	129,0	116,0	126,0	34,9*	3,3	1,0	6485mm	78,5 %
											94,9				
DV corrigé	1971	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	1972	0	0	0	0	0	16,8	28,7	68,7	17,8	0	0	0	132,0	18,2
	1973	0	0	0	0	0	0	106,7	55,7	3,5	0	0	0	165,9	24,7
	Moyenne 3 ans						5,6	45,1	41,5	7,1				99,3mm	14,8 %
DV brut moyen		0	0	0	0	0	0	45,8*	122,0*	28,3	0	0	0	196,1	
DV rectifié moyen								0	107,8	28,3	0			156,1	16,5 %

TABLEAU 31.2 - Essais de bilan hydrique mensuel : Saria, sous culture sorgho, campagnes 1971-72-73 et moyenne 30 ans

K: moyen estimé à 20 % ; réserve hydrique 60 mm

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
Pluie (mm)	1971	0	0	28,2	30,6	23,7	73,1	183,6	179,1	94,2	4,1	0	0	616,6	100
	1972	0	0	0	20,8	83,6	144,6	141,1	178,7	82,2	73,3	0	0	724,3	100
	1973	0	0	0	18,3	86,3	63,6	283,5	142,7	78,0	0	0	0	672,4	100
P. Moy. 3 ans		0	0	9,4	23,2	64,5	93,8	202,7	166,8	84,8	25,8	0	0	671,1	100
P. Moy. 1946/70		0	0,9	2,9	28,4	37,1	118,3	184,2	250,7	162,4	36,7	3,3	1,0	826,1	
Ruiss.(mm)	1971	-	-	-	-	-	-	74,2	59,5	19,8	0	0	0	153,5	24,9* incomplet
	1972	0	0	0	0	12,7	19,1	12,7	21,4	4,4	5,2	0	0	75,5	10,4
	1973	0	0	0	0,1	6,4	4,3	141,1	13,0	17,4	0	0	0	182,3	27,1
R. moyen 3 ans		0	0	0	0	9,6	11,7	76,0	31,3	13,9	1,7	0	0	144,2	21,5
R. moyen estimé 20 %		0	0	0	5,6	7,5	23,8	37,3	51,2	32,5	7,3	0	0	165,2	20
ETP	1971	220	200	190	172	170	151	148	138	144	168	176	164	2041	331
	1972														
	1973														
ETP moyen 3 ans															
ETP moyen 1953-69 ouagà		187	188	216	178	155	136	129	116	126	149	165	160	1905	231
ETR	1971	0													
	1972														
	1973														
Moyenne 3 ans											29,4/				
Moyenne 30 ans		0	0,9	2,9	22,8	29,6	94,5	129,0	116,0	126,0	60/89,4	3,3	1,0	615,4mm	74,5
DV	1971	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
	1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1973	0	0	0	0	0	0	10,7	27,8	0	0	0	0	38,5	
Moyenne 3 ans								3,6	9,2					12,8 mm	1,9%
Moyenne 30 ans		0	0	0	0	0	0	27,9*/0	83,5*/	3,9	0	0	0	105,3 -	
									41,4					60,0-45,3	5,5%

TABLEAU 31.3 - Essais de bilan hydrique mensuel : Saria, sol gravillonnaire, campagnes 1971-72-73 et moyenne.

- Jachère bien couverte : K moyen estimé à 3 % - Réserve hydrique 40 mm

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
Fluie (mm)	1971	0	0	28,2	30,6	23,7	73,1	188,5	166,8	109,9	9,5	0	0	630,3	100
	1972	0	0	0	32,3	85,2	150,4	138,4	178,6	100,7	79,5	0	0	765,1	100
	1973	0	0	0	20,2	105,5	72,7	286,7	154,8	71,3	0	0	0	711,2	100
	Moyenne 3 ans	0	0	9,4	27,7	71,5	98,6	204,5	166,7	94,0	29,7	0	0	702,1	100
	Moyenne 1946/70	0	0,9	2,9	28,4	37,1	118,3	184,2	250,7	162,4	36,7	3,3	1,0	826,1	100 %
Ruiss. (mm)	1971	0	0	-	-	-	-	48,7	6,4	4,7	0	0	0	59,8	9,5
	1972	0	0	0	0	0,2	1,4	0,4	0,3	0,3	0,1	0	0	2,7	0,4
	1973	0	0	0	0	0,3	0,2	1,2	0,2	0,1	0	0	0	2,0	0,3
	Moyen 3 ans	0	0	0	0	0,3	0,8	16,8	2,3	1,7	0,1	0	0	22,0	3,1
	Moyen estimé	0	0	0	0,9	1,2	3,6	5,6	7,5	4,9	1,1	0	0	24,8	3,0
ETP (Turc)	1971	220	200	190	172	170	151	148	138	144	168	176	164	2041	331
bac	1972	171	147	197	184	183	135*	103	76	129	163	146	131	1765	244
bac	1973	132	203	195	175	192	160	93	97	143	143	162	151	1846	275
	Moyen 3 ans	174	183	194	177	182	149	115	104	139	158	161	149	1885	281
ETP moyen (Turc)		187	188	216	178	155	136	129	116	126	149	165	160	1905	231
ETR															
ETR moyen 30 ans		0	0,9	2,9	27,5	35,9	114,7	129,0	116,0	126,0	35,6* / + 40	3,3	1,0	632,8 mm	76,6 %
											75,6				
DV rectifié	1971	-	-	-	-	-	-	0	71,1	42,8	0	0	0	113,9	18,1
	1972	0	0	0	0	0	60,0	27,4	92,6	31,6	0	0	0	211,6	27,7
	1973	0	0	0	0	0	6,1	159,0	66,9	0,1	0	0	0	232,1	32,6
	Moyen 3 ans						22,0	62,1	76,9	24,8				185,8mm	26,5 %
DV moyen estimé		0	0	0	0	0	0	49,6* / - 40	127,2	31,5	0	0	0	208,3 - 40,0	
								9,6						168,3	20,4 %

TABLEAU 31.4 - Essais de bilan hydrique mensuel: Saria, sol gravillonnaire, campagnes 1971-72-73 et moyenne
- Culture sorgho labour +billon selon la pente : K_p moyen estimé à 15 %. Réserve hydrique 40 mm.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
Pluie (mm)	1971	0	0	28,2	30,6	23,7	73,1	188,5	166,8	109,9	0,5	0	0	630,3	
	1972	0	0	0	32,3	85,2	150,4	138,4	178,6	100,7	79,5	0	0	765,1	
	1973	0	0	0	20,2	105,5	72,7	226,7	154,8	71,3	0	0	0	711,2	
Moyen 3 ans		0	0	9,4	27,7	71,5	98,6	204,5	166,7	94,0	29,7	0	0	702,1	
Moyen 1946/70		0	0,9	2,9	28,4	37,1	118,3	184,2	250,7	162,4	36,7	3,3	1,0	826,1	100 %
Ruiss. (mm)	1971														
	1972														
	1973														15 %
Moyen 3 ans		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15 %
R moyen estimé		0	0	0	4,3	5,6	17,8	28,6	37,7	24,4	5,5	0	0	123,9	15 %
ETP (Turc)	1971	220	200	190	172	170	151	148	138	144	168	176	164	2041	331
bac	1972	171	147	197	184	183	135*	103	76	129	163	146	131	1765	244
bac	1973	132	203	195	175	192	160	93	97	143	143	162	151	1846	275
moyen 3 ans		174	183	194	177	182	149	115	104	139	158	161	149	1885	281
ETP moyen (Turc)		187	188	216	178	155	136	129	116	126	149	165	160	1905	231
ETR moyen 25 ans		0	0,9	2,9	24,1	31,5	100,5	129,0	116,0	126,0	31,2 ^x 40,0/+ 71,2	3,3	1,0	606,4 mm	73,4 %
DV	1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	1972	si	R =	15 %										(49,0)	6,4
	1973													(187,0)	26,5
Moyen 3 ans														78,7 mm	11,2 %
DV moyen 25 ans estimé												0	0		
DV rect.moyen estimé		0	0	0	0	0	0	126,6/- 40/0	197,0/ 83,6	12,0	0			95,6 mm	11,6 %

Tableau: 31-5_ SARIA - Campagne 1971 - Drainage par Quinzaine - non corrigé -
(mm)

Dates	Parcelle P7 : SDV								Protection PDV							
	Culture				Savane				Savane				Culture			
	1 50 cm	2 50 cm	3 50 cm	4 50 cm	5 40 cm	6 20 cm	7 15 cm	8 18 cm	11 45 cm	12 9 cm	13 150 cm	14 20 cm	15 100	16 100	17 100	18 100
1 au 15 juin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 au 30 juin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 au 15 juillet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-
16 au 31 juillet	0	14,0	22,2	0	0	6,8	-	0	35,1	27,8	0	-	-	-	-	-
1 au 15 août	29,1	25,9	32,2	4,7	18,7	19,9	25,4	3,6	30,9	25,0	0	-	-	-	-	-
16 au 31 août	12,2	18,0	22,5	49,2	33,4	41,8	49,6	47,0	71,4	62,0	9,6	-	-	-	-	-
1 au 15 sept.	0	0	0	0	1,2	7,8	5,6	7,7	24,9	24,1	12,6	-	-	-	-	-
16 au 30 sept.	4,6	3,6	0,7	4,5	-	0	0	1,1	23,3	22,7	13,9	-	-	-	-	-
Total Annuel	45,9	61,5	77,6	58,4	53,3	76,3	80,6	59,4	185,6	161,6	36,1	-	-	-	-	-

Tableau: 31-6.

SARIA - Campagne f2 - Drainage par Quinzaine non corrigé -

Dates	Parcelle 7 (SDV)								Stretction (SDV)							
	Culture				Savane				Savane				Culture			
	1 10m	2 50	3 50	4 50	5 40	6 20	7 170	8 180	11 45	12 20	13 150	14 200	15 100	16 100	17 100	18 100
1 ^{er} au 15 Juin	0	2,4	0	0	27,7	12,7	0	23,2	36,5	4,5	0	0	6,1	0	0	0
16 au 30 Juin	0	5,1	0	0	11,4	16,4	0	15,9	25,1	15,5	0	0	39,5	40,9	16,1 ⁽¹⁾	1,6 ⁽²⁾
1 ^{er} au 15 Juillet	0	1,0	5,9	0	5,4	10,5	7,3	9,1	14,5	0	0	0	5,4	8,4	11,4	0
16 au 31 Juillet	5,4	8,6	17,6	6,0	24,9	23,7	8,4	35,9	13,3	0	0	0	26,7	11,9 ⁽¹⁾	1,4	0
1 ^{er} au 15 Août	0	0	0	0	13,1	10,5	2,2	26,0	31,1	0	2,5	0	27,1	0,5	4,5	0
16 au 31 Août	14,3	4,8	5,9	37,0	53,0	57,6	34,9	54,1	57,5	0	66,0	0	36,2	0	20,5	0
1 ^{er} au 15 Sept.	0	0	0	8,2	18,0	14,3	8,0	17,7	37,1	0	20,6	0	19,1	3,5	15,4	0
16 au 30 Sept.	0	0	0	0	0,2	2,0	0,3	4,7	6,0	0	5,5	0	3,4	0	5,5	0
Total Annuel	19,7	21,9	31,4	51,2	153,7	147,7	61,1	186,5	221,1	20,0 ⁽¹⁾	94,5	0	154,5	65,2 ⁽¹⁾	54,5 ⁽¹⁾	1,6 ⁽²⁾

Notes

(1) Trou de rats.

(2) Ne fonctionne pas = colmaté.

Tableau: 31-7.

SARIA Campagne 73 - Drainage par Springaux non corrigé

Date	Parcelle 7 (SDV)								Protection (FDV)							
	Culture				Surveillance				Surveillance				Culture			
	1 100	2 50	3 50	4 50	5 50	6 50	7 100	8 100	11 100	12 100	13 150	14 100	15 100	16 100	17 100	18 100
1 ^{er} au 15 Juin	0,3	1,0	5,0	3,5	2,1	0	0	0	2,3	4,1	5,8	6,0	4,3	5,0	5,8	0
15 au 30 Juin	0	0	4,0	2,3	0	0	0	0	1,8	0,6	5,3	4,1	11,5	13,5	4,3	1,7
1 ^{er} au 15 Juillet	24,6	30,0	31,0	30,3	41,5	18,4	13,3	0	52,0	12,6	28,0	0	50,8	51,0	15,0	0
15 au 31 Juillet	104,4	119,8	126,4	135,3	133,3	113,1	106,8	102,9	141,0	114,8	86,1	54,2	165,0	154,1	159,2	0,4
1 ^{er} au 15 Août	0,7	7,0	30,5	23,9	36,8	34,0	27,0	25,8	38,8	37,0	23,0	0,5	30,0	42,5	20,8	2,1
15 au 31 Août	19,5	16,4	25,6	19,1	32,4	17,5	22,2	12,4	29,1	29,2	24,6	0	25,0	31,7	24,7	3,5
1 ^{er} au 15 Sept	0	0	0	0	0	5,3	5,1	0	0	0,4	1,5	0	0	0,9	3,0	11,2
15 au 30 Sept	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,2	1,2	0	1,4	0,4
Total Annuel	129,2	174,2	221,5	214,5	246,2	190,5	175,0	144,1	253,0	198,7	175,1	68,0	232,8	308,8	279,2	22,4 ^(a)

(a) colmaté

- SDV 5 à 8 Jachère : profondeur 40 - 80 - 140 - 180 cm.
On ne tiendra compte que du drainage des trois premiers lysimètres (soit \pm 1 mètre).
- PDV 11 à 14 Protection, sol gravillonnaire: jachère; profondeur 45 - 80 - 150 cm.
On ne tient compte que des deux premiers pour évaluer le drainage sur 1 mètre: le troisième a donné beaucoup moins de drainage.
PDV 14 n'est pas encore installé.
- PDV 15 à 18 Pas installés.

Campagne 1972

On a complété le dispositif par 4 lysimètres sous sorgho PDV 15 à 18 et un lysimètre profond de 2 mètres sous jachère (PDV 14) en Protection.

En début 1973 on a testé les lysimètres et découvert des trous de rats, en particulier en SDV 5-7-8 et PDV 12-14-16. On sera donc amené à **négliger** les valeurs trop faibles de drainage.

- SDV 1 à 4 On n'a écarté aucun résultats sous sorgho.
- SDV 5 à 8 SDV 7 donnant des valeurs très faibles dès le départ a été écarté mais on a tenu compte de SDV 8.
- PDV 11 à 14 PDV 12 et 14 n'ont rien donné dès le départ (trous de rats dans les tuyaux d'amenée). On tient compte de PDV 11 et de 13 dès qu'il commence à couler.
- PDV 15 à 18 PDV 18 et PDV 17 fonctionnent mal ou pas du tout (bouchon de goudron trop liquide). PDV 16 a été attaqué par les rats: valeurs aberrantes à partir du 16 juillet.

Campagne 1973

En vue de tester la bonne marche des lysimètres après réparation on a ajouté 30 litres (\sim 90 mm) à tous les lysimètres sauf P14 qui a reçu 60 litres (voir Annexe 31.1). En début de campagne tous les lysimètres sont en état sauf PDV 18 qui ne coule pas et PDV 17 qui **perd** du goudron fondu par la chaleur captée en surface par les tôles.

- SDV 1 à 4 Il faut noter des pertes de drainage entre le 25 et 30 juillet par suite de la remontée de la nappe phréatique dans la fosse de visite des SDV.
On a écarté SDV 1 qui a donné nettement moins que les autres.

SDV 5 à 8 SDV 8 a été écarté le drainage diminuant avec la profondeur. Remontée de nappe fin juillet.

PDV 11 à 14 PDV 14 devient faible dès le 16 juillet. Pas de remontée de nappe en juillet: les observations sont donc complètes en protection.

PDV 15 à 18 PDV 18 reste bouché ; les trois autres ont bien fonctionné.

En 1973 le drainage est nettement plus fort que les années précédentes d'une part à cause de la pluie décennale de 97mm du 24 juillet et secondairement à cause des essais d'infiltration (90 mm et 180 mm) en mai 1973 (voir note en annexe 33.1). Pourtant l'année fut très sèche du point de vue agronomique.

TABLEAU 31.8 - Risques de drainages sous sorgho et jachère sur 2 sols. - Saria, campagnes 1971-72-73.

		1971	1972	1973	Moyenne 3 ans		
					mm	% de Pluie	
Parcelle 7 : Sol ferrugineux	Sorgho	Pluie (mm)	616,6	724,3	672,4	671,1	100
		Ruiss. (mm)	153,5	75,5	182,3	137,1	20,4
		Dv brut (mm)	70,8	31,2	203,4	-	-
		Dv rectifié(mm)	0	0	38,5	12,8	1,9
	Jachère	Ruiss.	117,8	34,1*	37,9	63,4	9,5
		Dv brut	70,1	166,1	203,8	-	-
		Dv rectifié	0	132,0	165,9	99,2	14,0
Protection : Sol gravillonnaire	Jachère vieille	Pluie (mm)	630,3	765,1	711,2	702,2	100
		Ruiss.	59,8	2,7	2,0	22,0	3,1
		Dv brut	173,7	214,2	234,1	-	-
		Dv rectifié	113,9	211,6	232,1	185,9	26,5
	Sorgho	Ruiss.	-	(114,8)	(106,7)	(105,3)	15 %
		Dv brut	-	163,8	293,6	-	-
		Dv rectifié	-	(49,0)	(187)	78,7	1,1

* 0,4 mm de ruissellement en octobre à une époque où on n'observe plus de drainage.

Des tableaux 31.1 à 31.4 et du résumé annuel des observations (tableau 31.8) on peut conclure :

- que le drainage peut avoir lieu de juin à septembre mais qu'il est moins rare et plus abondant en juillet et août ;
- que le drainage est plus élevé sur sol gravillonnaire que sur sol ferrugineux à carapace à faible profondeur ;
- que le drainage au-delà de 1 mètre de profondeur est moins faible sous jachère (14 à 26 %) que sous sorgho (1 à 2 %).

Ce dernier point est étonnant car une jachère bien installée consomme plus d'eau qu'une culture (AUDRY, 1967) étant donnée l'importance de la profondeur de l'enracinement sous une vieille jachère. On pourrait cependant tenter d'expliquer ce fait en observant la chute du ruissellement sous jachère en 1972 et 73 alors que celui de la parcelle sous sorgho reste assez élevé (25 - 10 - 27 %). La couverture végétale sous jachère étant protégée intégralement, la perméabilité des horizons de surface (bonne activité de la mésofaune : termites, etc...) augmente sensiblement et les eaux de pluie draineraient à une grande profondeur où les plantes de la savane viendraient la puiser en octobre-novembre. Sous sorgho au contraire, la pénétration des eaux est limitée par l'horizon de labour ou par l'encroûtement de la surface : les eaux de pluie seraient donc plus sensibles au ruissellement et à l'évaporation.

ANNEXE 31.1 - Saria. Vérification du drainage : 12 au 15/5/73.

Après avoir constaté que bon nombre de cases de drainage avaient été détériorées par les rats en 1972, on a ouvert les fosses et réparé les dégâts. Ensuite on a procédé à l'irrigation de chaque case pour vérifier leur étanchéité et leur bon fonctionnement. Les volumes irrigués et drainés, le déficit d'humidité du sol et le temps écoulé avant le début du drainage sont résumés au tableau Annexe 31.1.

On peut en déduire que sous culture il a fallu 80 mm en P7 (sur 50 mm) et 60 mm en protection (sur 100 cm) pour recharger le profil.

Ces hauteurs d'eau seraient à déduire du drainage de 1973 s'il ne s'étaient passé plus de 3 semaines sans grande pluie et avant que ne démarre réellement le drainage en juillet : l'évaporation suffit pour expliquer une remise à sec du profil dans ces conditions.

L'erreur qui en découle ne doit pas dépasser 10 à 15 mm ce qui ne change rien à la signification des résultats ; aussi nous avons préféré n'effectuer aucune correction plutôt qu'une rectification tout à fait arbitraire.

TABLEAU ANNEXE 31.1 - Saria : vérification du drainage :
12-15 mai 1973

		Irrigation (litre)	Dv recueilli (litre)	Déficit sol (mm)	Temps avant drai- nage avant écoulement
SDV	1 50 cm	30	2,800	88	12'
	2 "	30	5,220	80	70' (encroûtement)
	3 "	30	?	70	20'
	4 "	30 + 30	?	80	23'
Jachère	5 40 cm	30	8,1	70,4	33'
	6 80 cm	30	2,2	89,4	53'
	7 140 cm	30 + 30	27,1	121,9	4 h 40
	8 180 cm	30 + 30	28,3	101,9	20' (fente)
PDV	11 40 cm	30	22,03	25,6	42'
	12 80 cm	30	10,83	61,7	35'
	13 140 cm	30	3,53	85,1	93'
	14 180 cm	60	14,55	146,1	5 h 30 !
PDV	15	30	13	54,7	30'
	16	30	11	61,1	100'
	Sorgho 17	30	0	goudron !	-
	18	35	0	colmaté	-

314. Le drainage oblique.

Aucune manifestation du drainage oblique n'a été observée durant les campagnes 1971 et 72 ni en protection ni en P7 ; rien non plus en Protection en 1973.

Par contre il y eut 4 séquences pluvieuses qui ont donné du lessivage oblique à partir du 24 juillet 73 en P7.

TABLEAU 31.9 - Drainage oblique à la parcelle 7.
Saria, campagne 1973

Date	24/7/73	27/7	28/7	18/8	Profondeur des gout- tières (cm)	Horizon
Pluie	97 mm	30 mm	31,8 mm	23,4 mm		
S ₁	pas branché	pas branché	pas branché	0	" 25	gris beige humifère, sableux puis beige, sablo-argileux.
S ₂	> 60 l	9,320	8,000	16,000	" 45	brun jaune sablo-argileux
S ₃	> 60 l	22,000	25,000	11,520	" 65	gravillons gris, sommet carapace
S ₄	débranché	2,930	2,500	2,000	" 100	dans la carapace
S ₅	débranché	0,240	2,280	0	" 150	bariolé rouge-ocre
S ₆	> 25 l	6,700	18,960	0	" 200	bariolé rouge-ocre blanc.

Il est regrettable que la vigilance des observateurs se soit laissée surprendre après deux années sans drainage oblique. Cependant ces chiffres partiels permettent un certain nombre de commentaires.

- Le drainage oblique, si rare soit-il, laisse une trace morphologique sur les horizons concernés. Ainsi il n'y eut aucun drainage oblique en Protection sur le sol gravillonnaire très poreux dès la surface. Par contre il s'est manifesté dans les horizons S₂ et surtout S₃ au-dessus de la carapace où on peut observer un horizon gravillonnaire grisâtre. De même on l'observe en S₆ dans l'horizon bariolé à taches rouges et blanches.

- Le drainage oblique existe dans ces paysages très plats (0,7 % de pente) du plateau Mossi mais il ne se manifeste que lors des séquences pluvieuses exceptionnelles et dans des circonstances pédologiques bien précises (horizon perméable en surface et horizon peu perméable à faible profondeur). On a peut être exagéré son importance en l'absence de mesures précises à moins qu'on comprenne dans les phénomènes de drainage oblique les mouvements latéraux de vidange de la nappe profonde (par ex. au contact avec la roche-mère).

- Même si on ne connaît pas avec précision l'origine des eaux de drainage oblique (la parcelle est au milieu de la longue toposéquence), on peut estimer que son importance durant les séquences actives de juillet-août 73 a été assez forte - sans doute de l'ordre de 330-400 litres au-dessus de la carapace et 150 à 200 litres entre la carapace et 2 mètres de profondeur.

315. Le niveau de la nappe.

On dispose des observations du niveau de la nappe au puits n° 1 en parcelle 7 tous les 3-4 jours de juillet 1971 à août 73 puis tous les jours (voir tableaux 31.10 à 31.12 et figures 31.1 et 2).

TABLEAU 31.13 - Résumé des observations sur le niveau de la nappe.

"	Niveau le + bas		"	"	Niveau le + haut	
"	cm	date	"	"début montée de nappe"	cm	date
"	"	"	"	"	"	"
1971	438 cm	le 1/7/71	"	8 et 10/7 après 150mm	305-302	du 18/8 au 18/9/71
1972	450-461	du 10/1 au 21/5/72	"	31 mai après 84 mm	343	le 16/9
1973	450-460	du 29/1 au 30/5/73	"	31 mai après 105 mm	220 à 200	du 27/7 au 4/8
"	"	"	"	"	"	puis 16 au 19/8/73

Au tableau 31.13 sont résumés les principales observations concernant les variations du niveau de la nappe au puits n° 1 de la parcelle 7. On constate que le niveau le plus bas (450 à 460 cm) est atteint de janvier à mai. Ensuite on observe une lente remontée par palier jusqu'en fin juillet à mi-septembre où le niveau de la nappe se situe autour de 3 mètres et peut remonter jusqu'à deux mètres durant de courtes périodes très pluvieuses. Le retard entre la pluie et la montée de la nappe semble varier de 24 à 48 heures en fonction de la sécheresse du sol. D'après les informations dont nous disposons (porosité = 31 %) humidité vol. = 25 à 27 %), la remontée de la nappe sur 250 cm représente 100 à 150 millimètres de pluie. Le faible écart entre la porosité total et l'humidité (hu) à la capacité au champ représente 4 à 6 % si bien qu'une faible lame d'eau entraîne une forte remontée de la nappe une fois que la réserve hydrique du sol (au-dessus de la carapace) est rétablie. voir Annexe 31.2.

C'est bien ce que signifie les remontées de la nappe lors de pluies d'une trentaine de millimètres lorsque fin mai il est tombé 80 à 100 mm (réserve = 60 mm).

STATION: SARIA P7

ANNEE: 1973

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	AOÛT	SEPT.	Oct.	Nov.	Déc.
1		4,53	4,53					2,00	2,79	3,41	3,91	4,23
2	4,40					4,36	4,37		2,97	3,44	3,92	4,23
3				4,58	4,57				2,99	3,46	3,99	4,23
4	4,43	4,54	4,55					2,20	3,00	3,49	3,97	4,23
5						4,45			3,02	3,51	4,00	4,23
6				4,58	4,56				3,06	3,53	4,03	4,23
7		4,56	4,56					2,94	3,08	3,55	4,03	4,23
8	4,43					4,47	4,19		3,11	3,57	4,02	4,23
9				4,58	4,41				3,16	3,58	4,04	4,23
10		4,50	4,55					2,92	3,18	3,60	4,07	4,23
Total												
11	4,43					4,47	4,23		3,14	3,64	4,05	4,23
12				4,59	4,43				3,12	3,66	4,05	4,23
13			4,56					2,54	3,14	3,67	4,07	4,23
14	4,46	4,41				4,47	4,34		3,18	3,68	4,06	4,23
15				4,59	4,45				3,13	3,70	4,09	4,23
16			4,57					2,21	3,11	3,73	4,10	4,23
17	4,47	4,45				4,49	4,24		3,16	3,75	4,11	4,23
18				4,59	4,45				3,18	3,77	4,12	4,23
19			4,56					2,25	3,19	3,78	4,10	4,23
20	4,47	4,45				4,53	4,28		3,22	3,79	4,10	4,23
Total												
21				4,59	4,50				3,25	3,82	4,10	4,23
22			4,56						3,17	3,83	4,11	4,23
23	4,48	4,50				4,44	4,05	2,38	3,21	3,85	4,11	4,23
24				4,58	4,51				3,22	3,85	4,13	4,23
25			4,56						3,24	3,88	4,14	4,23
26	4,48	4,52				4,42	2,92		3,24	3,88	4,15	4,23
27				4,58	4,52				3,30	3,89	4,16	4,23
28			4,57					2,20	3,31	3,90	4,17	4,30
29	4,50					4,34	2,20		3,34	3,92	4,19	4,31
30				4,57					3,36	3,94	4,20	4,31
31			4,58		4,52			2,76		3,91		4,32
Total												
TOTAUX												
R												

ANNEXE 31.2 - Etude de l'origine des remontées de nappe.

Connaissant le faible écart existant entre la porosité des horizons d'argile tachetée et l'humidité volumique à capacité au champ d'une part, les variations du niveau de la nappe, les précipitations et le ruissellement d'autre part, on peut tenter de voir l'origine de la nappe d'eau qui a brutalement monté dans le profil.

Nous nous limiterons aux pluies du 22-24 et 27-28 juillet 1973 et utiliserons les résultats des mesures de profil hydrique, densité apparente et porosité, effectuées en mai 1974.

Profondeur	Hp %	da	Porosité %	Hv %	
200	13,0	(2,04)		26,5	
225	14,3	(1,95)		27,9	- le profil hydrique a été répété 4 fois
250	13,4	(1,83)		24,5	
275	14,5	(1,85)		26,8	- les da de 3 à 4,8 m ont été répétées 4 à 6 fois aux cylindres de 250 et 1000 cm ³
300	15,7	1,75	31 %	27,5	(pas de différence)
325	14,3	1,75	31	25,0	
350	14,6	1,76	31	25,7	
375	14,2	1,77	31	25,1	- la porosité est extrêmement stable de 3 à 4,5 m.
400	14,7	1,80	31	26,5	
425	15,1	1,81	31	27,3	
450	15,6	1,80	31	28,1	

Pluie du 22/7 = 30,2 mm

d hauteur nappe = 428 - 405 = 23 cm

Porosité 31 % : hv = 27 % : différence = vol. disponible pour la nappe = 4 % = 9,2 mm

Ruiss. = 1,5 à 8 mm si jachère ou sol nu

d h nappe \ll Pluie - Ruiss. donc réhumectation du sol.

Pluie du 24/7 = 97 mm

d h. nappe = 405 - 292 = 113 cm

Porosité 31 % " donc vol. disponible nappe = 68 à 51 mm
h v sol 25 à 26,5 % "

Ruiss. = 19 à 60 mm

d h nappe \geq Pluie - Ruiss. donc apport latéral (Dr. oblique) possible mais faible Dr. obl. \approx 10 à 20mm

Pluies du 27 et 28/7/73 = 29,9 + 31,8 = 61,7 mm

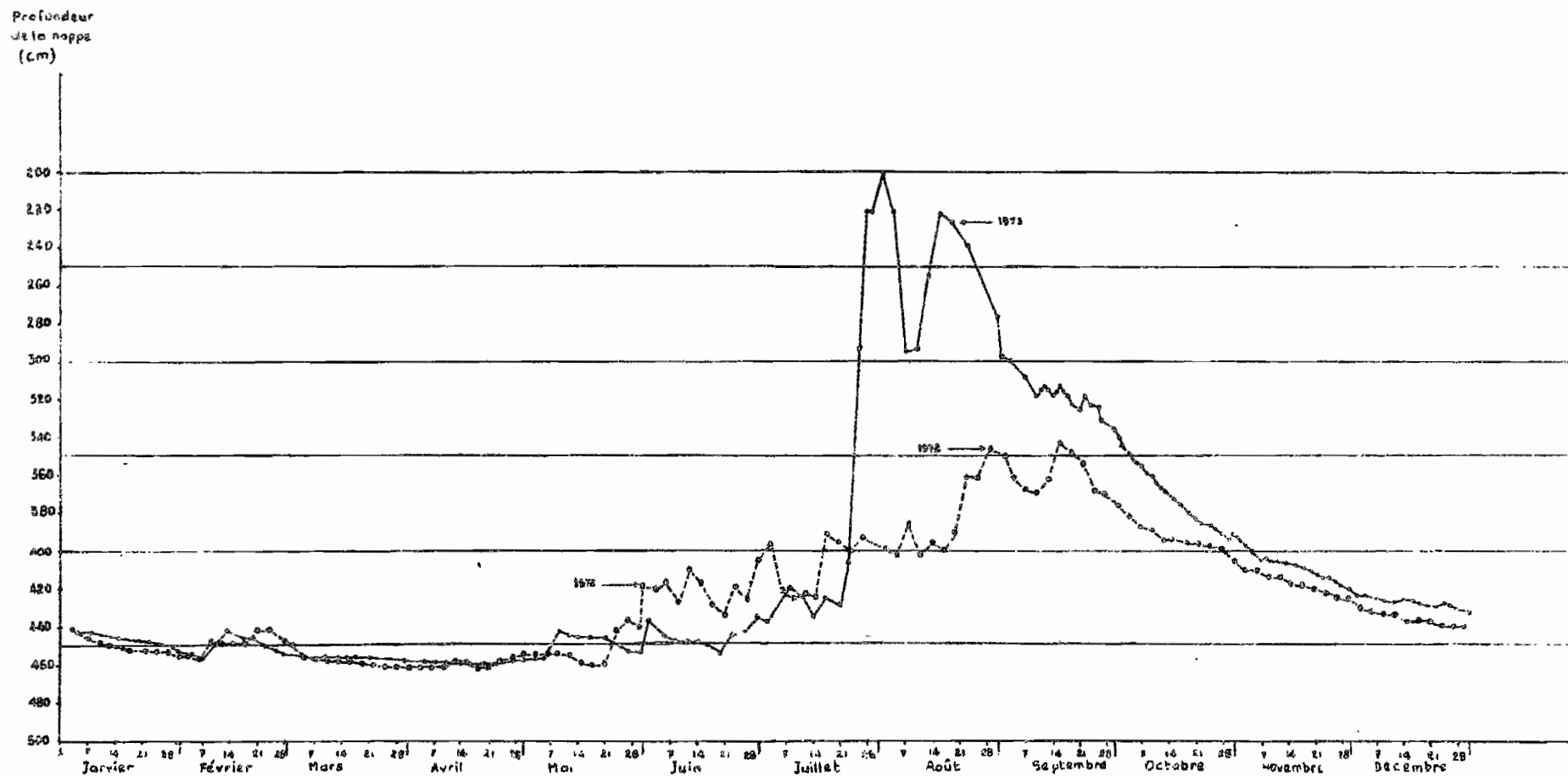
d h nappe = 292 - 220 = 72 cm

Porosité 31 % " donc vol. disp. nappe = 4 à 6 % soit 29 à 43 mm
h v sol 25 à 27 "

Ruiss. = 12 à 40 mm si jachère ou sol nu

d h nappe \ll Pluie - Ruiss. donc apport latéral possible mais faible (10 à 20 mm)

FIG. 31.1 : EVOLUTION DU NIVEAU DE LA NAPPE AU PUIS N°1.
 - SARIA: parcelle 7, campagnes 1972-73 -



Il est intéressant de noter que le drainage en lysimètre commence en juin, et est maximum en juillet-août et cesse fin septembre tout au moins en ce qui concerne les jachères (herbacées ou forestières) qui constituent malgré tout l'essentiel de la surface de la station de Saria.

Rappelons que le bassin a une pente très faible voisine de 0,7 % et le marigot un profil en long à pente encore plus faible (0,15 %) formé d'une suite de cuvettes. Les premières pluies remplissent ces cuvettes et l'eau qui s'y infiltre fait remonter la nappe. A mesure que la nappe remonte, elle affleure au centre du bas-fond et alimente le marigot (débit de base) dès la fin juillet. Cette nappe s'épuise en octobre (ARRIVETS, ROOSE, CARLIER: 1973).

316. L'évapotranspiration.

Durant les campagnes 1972 et 73 aucun profil hydrique n'a été effectué en vue d'estimer l'évapotranspiration réelle (ETR) des plantes. Par contre l'évapotranspiration potentielle (ETP) a été mesurée en P7 dans deux cuves standard (2 m²) à niveau d'eau constant sous Cynodon dactylon.

Le drainage de ces évapotranspiromètres étant irrégulier (écoulement alternativement fort puis faible) on n'a pu obtenir des valeurs raisonnables pour des périodes inférieures à un mois. Dans les tableaux 31.1 à 31.4 on n'a d'ailleurs conservé que les valeurs les plus probables (et non la moyenne des deux) par rapport à l'ETP Turc moyen de la région (ROOSE, BIROT ; 1970).

On remarque que les valeurs de l'ETP "bac" sont légèrement plus faibles que l'ETP moyen TURC (1900 mm par an en moyenne).

TABLEAU 31.14 - Evapotranspiration potentielle moyenne

ETP/ SARIA	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
mm/mois	174	183	194	177	182	149	115	104	139	158	161	149	1885
mm/jour	5,6	6,5	6,3	5,9	5,9	5,0	3,7	3,4	4,6	5,1	5,4	4,8	

On observe deux max. d'ETP mensuel l'un de février à mai (ETP = 5,9 à 6,5 mm/jour) et l'autre en octobre-novembre (5,1 à 5,4 mm/jour) mais l'ETP mensuel moyen reste élevé (3,4 à 5 mm/jour) durant toute la saison des pluies (fort ensoleillement et fortes températures entre 2 averses) ce qui ne favorise pas le drainage car même si la végétation ne consomme pas la totalité de l'ETP, le sol évapore très activement puisqu'il n'est pas très perméable.

31.7. La réserve hydrique.

D'après les mesures effectuées en 1971 et 72, la réserve du sol s'élève en P7

- à 30 mm sur 25 cm de profondeur
- à 60 mm sur 50 cm de profondeur
- à 120 mm sur 1 mètre de profondeur

en Protection

- à 40 mm sur 35 cm
- à 70 mm sur 60 cm
- à 125 mm sur 1 mètre.

Mais la réserve facilement utilisable serait de 30 mm en P7 et 20 mm en Protection (ARRIVETS, ROOSE, CARLIER, 1973) ce qui est très peu. Chaque année cette réserve est épuisée au plus tard un mois après la dernière pluie utile c'est-à-dire :

- vers le 15 octobre en 1971
- vers le 10 novembre en 1972
- vers le 20 octobre en 1973.

31.8. Essais de bilan hydrique annuel.

(Pluie = Ruiss.+Drain.+E.T.R.+var. du stock sol)

Puisque chaque année les réserves d'eau du sol sont épuisées un mois après les pluies on peut annuler le terme variations du stock dans le cas d'un bilan annuel.

TABLEAU 31.15 - Essais de bilan hydrique, Saria -
Campagne 1971-72-73

	Années	Pluie (mm)	"Ruissellement(mm) "		Dv		ETR	
			"Jachère	"Sorgho	"Jachère	"Sorgho	"Jachère	"Sorgho
P7 Sol ferrugineux/cara- pace	1971	616,6	117,8	153,5	0	0	498,8 (81%)	463,1 (75)
	1972	724,3	34,5	75,5	132,0	0	557,8 (77%)	1648,8 (90)
	1973	672,4	37,9	182,3	165,9	38,5	468,6 (70%)	1451,6 (67)
	Moyenne 3 ans mm %	671,1	66,7/10%	144,2/22%	99,3/15%	12,8/2%	505,1/75 %	514,1/ (76)
Protection Sol gravillonn- naire	1971	630,3	59,8	-	113,9	(0)	456,6 (72)	-
	1972	765,1	2,7	-	211,6	(40,0)	550,8 (72)	-
	1973	711,2	2,0	-	232,1	187,0	477,1 (67)	-
	Moyenne 3 ans mm %	702,1	22,0/3 %	105,3/15%	185,8/26%	78,7/1 %	494,3/71 %	518,1/ 74%

D'après les observations effectuées à Saria sur les pluies, le ruissellement et le drainage, l'évapotranspiration réelle sous sorgho est voisine de 75 % et légèrement plus élevée que sous savane (pas significatif). Par contre la somme du drainage et du ruissellement (en %) est très voisine sous jachère et sorgho sans aménagement antiérosif : ce que la jachère gagne sur le ruissellement (par rapport au champ de sorgho) elle le perdrait par drainage du fait de l'amélioration de la perméabilité de l'horizon superficiel du sol. Il n'en irait probablement pas de même sous culture aménagée pour éviter tout ruissellement : une bonne partie serait conservée en surface à la disposition des plantes cultivées, surtout en début de saison.

Enfin on constate que le drainage est nettement plus élevé sur sol gravillonnaire dès la surface ($D_v = 79$ et 186 mm) que sur sol ferrugineux à carapace vers 50 cm ($D_v = 13$ et 100 mm) : les risques de perte en eau et en éléments nutritifs par drainage sont donc plus élevés sur sol gravillonnaire.

32. Schémas de bilans hydriques moyens et extrêmes.

Les bilans hydriques évalués au paragraphe précédent ont été réellement observés sur le terrain pendant trois années déficitaires de 100 à 200 mm par rapport à la moyenne des pluies régionales.

Il serait utile de généraliser ces observations à des conditions climatiques moyennes et extrêmes pour la région dans le cas des savanes herbeuses (ou arborées) et des cultures (sorgho).

Pour ce faire on part de la formule générale (1) dont on évalue mois par mois les valeurs moyennes adaptées aux cas considérés (voir tableau 31.1 à 31.4, pluie, Ruiss., ETP, D_v , ETR moyen).

$$\text{- Pluie} = \text{Ruiss.} + \text{Drain.} + \text{ETR} \pm \text{var. stock du sol} \quad (1)$$

Pluie = moyenne des années 1946/70 au poste météo de Saria.

Ruiss. = évalué globalement à 5 et 20 % sur sol ferrugineux tropical et 3 et 15 % sur sol gravillonnaire respectivement pour la savane et la culture de sorgho sans aménagement antiérosif.

ETR. = nous n'avons aucune mesure de cet évapotranspiration réelle mais une valeur maximale (E.T. Potentielle) et l'assurance que le stock soit épuisé après chaque cycle cultural.

TABLEAU 32.2 - Comparaison des bilans mesurés et estimés : Saria moyenne campagnes 1971-72-73

- Réserve hydrique = 60 mm en P7 et 40 mm en Protection -

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
Pluies	moyen 1971-72-73	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P7	0	0	9,4	23,2	64,5	93,8	202,7	166,8	84,8	25,8	0	0	671,1	100
	Protection	0	0	9,4	27,7	71,5	98,6	204,5	166,7	94,0	29,7	0	0	702,1	100
Ruiss.	moyen 3 ans	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P7	0	0	0	0	9,6	11,7	76,0	31,3	13,9	1,7	0	0	144,2	21,5 %
	Jachère	0	0	0	0,1	1,7	8,2	35,3	17,0	4,3	0,1	0	0	66,7	9,9 %
	Protect. Jachère	0	0	0	0	0,3	0,8	16,8	2,3	1,7	0,1	0	0	22,0	3,1 %
	Culture estimée	0	0	0	4,3	10,7	15,0	31,4	25,3	14,1	4,5	0	0	105,3	15 %
E T P	moyenne 71-73	174	183	194	177	182	249	115	104	139	158	161	149	1885	281 %
E T R	estimé 71-73	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P7	0	0	9,4	23,2	54,9	82,1	115,0	104,0	70,9	67,3	0	0	526,8	78,5
	Jachère	0	0	9,4	23,1	62,8	85,6	115,0	104,0	80,5	85,7	0	0	566,1	84,4
	Protect. Jachère	0	0	9,4	27,7	71,2	97,8	115,0	104,0	92,3	69,8	0	0	587,2	83,6
	Culture	0	0	9,4	23,4	60,8	83,6	115,0	104,0	79,9	65,2	0	0	541,3	77,1
D V	estimé	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P7	"	"	"	"	"	"	11,7-60/0	31,5/	0	"	"	"	0	0
	Jachère	"	"	"	"	"	"	52,4-60/0	45,8/38,2	0	"	"	"	38,2	5,7
	Protect. Jachère	"	"	"	"	"	"	72,7-40/	60,4	"	"	"	"	93,1	13,3
	Culture	"	"	"	"	"	"	58,1-40/	37,4	"	"	"	"	55,5	7,9
		"	"	"	"	"	"	18,1	"	"	"	"	"	"	"
D V	mesuré corrigé	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	P7	"	"	"	"	"	0	3,6	9,2	"	"	"	"	12,8	1,9
	Jachère	"	"	"	"	"	5,6	45,1	41,5	7,1	"	"	"	99,3	14,8
	Protect. Jachère	"	"	"	"	"	22,0	62,1	76,9	24,8	"	"	"	185,8	26,5
	Culture	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	78,7	1,1

En saison sèche ETR = Pluie - Ruiss. car il n'y a pas de drainage. En pleine saison des pluies ETR est voisin de ETP et Drain. = P - Ruiss. - ETP.

En début de saison des pluies le stock d'eau du sol doit en plus se reconstituer avant qu'il n'y ait du drainage.

En fin de saison des pluies, il faut rajouter les variations du stock d'eau du sol aux pluies évaporables.

Les variations du stock du sol (60 mm en P7, 40 mm sur sol gravillonnaire) sont donc à soustraire du 1er drainage possible (juin et juillet) et à rajouter (en octobre) à l'ETR lorsque les pluies redeviennent inférieures à l'ETP.

321. Comparaison du drainage mesuré corrigé et du drainage estimé corrigé.

TABLEAU 32.1 - Comparaison des bilans mesurés et estimés pour la moyenne des campagnes 1971-72 et 73 à Saria.

	Parcelle 7				Protection			
	Sol ferrugineux sur carapace		Sol gravillonnaire		Jachère		Sorgho	
	Sorgho	Jachère	Jachère	Sorgho				
Pluie moyen 71-73 mesurée	671,1 mm				702,1 mm			
Ruiss mesuré moyen	21,5 %	9,9 %	3,1 %	(15 %)				
Dv moyen 71-73 mesuré corrigé	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
estimé corrigé	12,8 mm	1,9 %	199,3 mm	14,8 %	185,8 mm	26,5 %	178,7 mm	11,2 %
	0 mm	0	138,2 mm	5,7	93,1 mm	13,3	155,5 mm	7,9

Aux tableaux 32.1 et 32.2 on constate que le drainage estimé à partir des pluies, du ruissellement de l'ETP et des variations maximales du stock hydrique du sol est généralement plus faible que le drainage mesuré (corrigé en lui soustrayant le ruissellement).

Ceci provient d'une part d'une évaluation approximative de l'ETP (formule de TURC et bacs évapotranspiromètres défailants) et par ailleurs d'une surestimation de l'ETR au début de la saison des pluies : en somme on a compté deux fois le remplissage de la réserve d'eau du sol. Cependant les ordres de grandeur sont conservés à 30 ou 90 mm près.

322. Schéma de bilan hydrique estimé en année sèche, moyenne et humide.

TABLEAU 32.3 - Schéma de variation du schéma de bilan hydrique en fonction des précipitations annuelles. Saria

		Parcelle 7 :				Protection :			
		Sol ferrugineux sur carapace				Sol gravillonnaire			
		Sorgho		Jachère		Jachère		Sorgho	
Pluie année sèche 71 (mm)		616,6 mm				au sec 2096			
moyenne 46/70		826,1 mm				au moyen 1905			
humide 58		1075,6 mm				ou humide 1713			
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Ruiss. au	sec	111	18	25	4	12	2	80	13
	moyen	165	20	41	5	25	3	124	15
	humide	269	25	86	8	54	5	194	18
ETR	au sec	506	82	572	93	557	90	529	86
	moyen	574	75	586	78	633	77	606	73
	humide	618	53	649	54	567	53	560	52
Dv	au sec	0	0	20	3	47	8	7	1
	moyen	43	5	136	17	168	20	96	12
	humide	232	22	404	38	454	42	322	30

Au tableau 32.3 sont résumés les schémas de bilans annuels calculés à partir des bilans mensuels pour des années sèches, moyennes et particulièrement humides.

On peut y constater qu'en année moyenne, le drainage estimé (après correction de la variation du stock d'eau du sol) varie de 50 à 170 mm et ceci essentiellement en fonction du ruissellement qu'il est indispensable de mesurer expérimentalement. Ce drainage est faible sur sol ferrugineux mais augmente sensiblement avec la charge en éléments grossiers du sol (gravillons, sables grossiers, blocs de cuirasse, etc...).

En année sèche (600 mm) le drainage s'annule à moins qu'il n'advienne une pluie exceptionnelle (comme en 1973).

En année humide (1076 mm tous les 10 ans), par contre le ruissellement augmente mais ETP diminue en saison humide si bien que le drainage surtout sur sol perméable augmente sensiblement au point d'atteindre 200 à 400 mm du fait de la concentration des pluies utiles en 2 ou 3 mois.

33. Conclusions pratiques.

En année sèche et moyenne les risques d'entraînement des éléments nutritifs par les eaux de drainage sont très limités: il faut cependant tenir compte de la faible capacité d'échange en cations des sols ferrugineux et des risques de drainage en année humide.

Il semble que ce sont les phénomènes d'encroûtement de la surface du sol (par manque de protection par la végétation) et les niveaux cuirassés imperméables peu profonds qui amènent les forts coefficients de ruissellement constatés sur les sols ferrugineux.

Or si on aménage le territoire en vue de favoriser une infiltration totale des pluies (labour et billonnage en courbe de niveau) cette eau disponible peut servir soit à augmenter l'ETR (et la croissance des plantes) soit le drainage (et les pertes par lixiviation) si le sol n'est pas assez couvert. En même temps que les aménagements anti-ruissellement il faut donc prévoir une intensification de l'agriculture comportant des semis hâtifs et denses et une fertilisation adéquate si on ne veut pas voir disparaître dans la nappe les eaux que l'on voulait capter pour les mettre à la disposition des cultures.

CHAPITRE 4 - SCHEMA DE BILAN CHIMIQUE.

C'est l'un des principaux intérêts de la méthode globale d'étude de l'évolution actuelle des sols utilisée à Sarria comme dans l'ensemble du réseau ORSTOM que de montrer en quelques années l'orientation de l'évolution des sols soumis à différents traitements et l'importance relative des principaux facteurs de la pédogénèse.

Dans ce chapitre nous tenterons donc de chiffrer l'importance relative des différents moteurs supposés de l'évolution du sol et d'en tirer les conclusions sur l'orientation de la pédogénèse au cas où le climat et les traitements choisis resteraient à peu près stables durant une longue période.

Il nous faudra considérer successivement :

- les apports : les engrais, les pluies ;
- les pertes : par érosion, par ruissellement, par drainage, par exportation ;
- les immobilisations : dans la récolte et les pailles ainsi que les variations du stock du sol.

41. Les apports par les engrais.

Aucun engrais n'a été utilisé sur parcelle de Wischmeier ni sur jachère. Par contre chaque année on a épandu 100 kg de phosphate d'ammoniaque, 120 kg de sulfate de potasse et 150 kg d'urée à l'hectare.

Cela correspond à 97 unités d'azote, 50 kg/ha de P_2O_5 , 60 kg/ha de potasse (K_2O) et 12 kg/ha de soufre.

42. Les apports par les pluies.

Aucune analyse d'eau de pluie n'a été effectuée en 1971 mais en 1972 et 1973 on a recueilli les pluies dans des baos en plastique à ciel ouvert (PSO), sous les herbes (PSH) et sous un karité (PSK) et on a effectué l'analyse de 23 échantillons PSO, 21 échantillons PSH et 3 échantillons PSK, échantillons provenant d'une ou de plusieurs pluies regroupées. Les résultats sont exprimés en p.p.m. sous forme de moyenne pondérée en fonction de la hauteur de pluie de chaque échantillon.

EAUX SOLUTIONS

DEMANDEUR

TABEAU 42.1 -

Origine

Serie

BULLETIN D'ANALYSES

ORIGINE Moyennes pondérées des teneurs (mgr./l) en éléments solubles dans les eaux de pluie
SARIA - Campagne 1972-1973 -

Nombre d'échantillons

D.	REFERENCES DEMANDEUR		CO ₂ libre mg/l	Resistivité Ω / Cm à 20°C	pH	Anions mg/l					Cations mg/l				OXYGENE		SiO ₂ mg/l		Fe ₂ O ₃ mg/l	Al ₂ O ₃ mg/l	N Total	Debit solide mg/l	Mn mg/l	Tur. di en mg
						CO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	conce m me par la mat.org mg/l	dissous mg/l	totale	dissou te						
I	PSO	mai						0,93	1,40	0,70	2,84	0,59	0,56	0,42	2,08		19,28	0,03	0,13	1,12				
		juin						0,08	1,45	1,11	1,87	0,11	0,21	0,07	1,88		0,55	0,05	0,08	0,53				
		juillet						0,19	1,49	0,71	1,67	0,66	0,31	0,11	0,63		0,92	0,02	0,03	0,95				
		août						0,43	0,80	1,22	2,57	0,20	0,22	0,17	1,25		0,66	0,02	0,02	0,23				
		septembre						0,41	1,30	1,15	2,86	0,24	0,49	0,22	2,10		0,87	0,08	0,05	0,59				
		octobre							0,50	1,90	1,00	3,38	0,70	2,95	0,23	2,30		1,00	0,13	0,08	1,25			
II	PSO	Moyenne pond.						0,33	1,32	0,97	2,25	0,40	0,48	0,12	1,20		0,82	0,04	0,04	0,62				
		T maxi. max.							3,3	2,8	3,9	5,3	2	2,9	0,9	11,6		2,0	0,13	0,18	2,0			
		max.							0,8	2,4	2,5	4,4	1	1,8	0,4	3,8		2,0	0,1	0,15	1,5			
		mini.							0,01	0,1	0,2	0,9	0,01	0,03	0,01	0,3		0,4	0,01	0,01	0,1			
	PSH	Moyenne pond.						0,62	1,68	1,55	2,90	0,53	1,48	0,13	4,90		0,94	0,13	0,09	0,56				
		maxi. max.							1,5	4,3	4,3	6,2	1,8	6,4	0,5	20,0		2,2	0,4	0,23	1,3			
		maxi							1,3	4,0	3,4	4,8	1,0	2,4	0,3	11,0		1,4	0,3	0,20	1,0			
		mini							0,2	0,1	1,0	1,1	0,1	0,2	0,01	1,3		0,4	0,01	0,01	0,01			
								Cl ⁻	SO ₄	PO ₄	Ca	Mg	K	Na	n. org.		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	N tot.				
III	PSO	du 1/7 au 15/9/73						0,25	1,56	0,71	1,79	0,76	0,37	0,12	0,43		1,05	0,03	0,02	1,10				
		PSH "						0,25	1,58	0,51	1,55	0,37	0,63	0,07	2,06		0,66	0,12	0,05	0,61				
		PSK "						1,11	1,18	0,27	3,85	1,22	4,27	0,18	3,91		0,97	0,05	0,07	0,47				

Au tableau 42.1 sont réunis les résultats d'analyse concernant :

- les moyennes pondérées mensuelles des éléments solubles des pluies récoltées sous ciel ouvert,
- les moyennes pondérées sur 2 ans des éléments solubles des pluies récoltées à ciel ouvert et sous les herbes,
- la comparaison des teneurs en ces éléments sous ciel ouvert, sous herbage et sous karité de juillet à septembre 1973.

On peut en conclure trois modes d'évolution des teneurs en fonction de la saison :

- 1) forte teneur en mai, teneur faible en juin-juillet-août qui remonte ensuite doucement : c'est le cas pour Cl^- - Ca - K - Na - Matières organiques - SiO_2 ;
- 2) faible teneur en juillet ou août : SO_4^{--} , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , azote total ;
- 3) variations apparemment irrégulières : PO_4^{---} et Mg.

En fonction du couvert végétal (à condition que les résultats se répètent en 1974) on constate également divers types de variations :

- 1) pas de différence nette : SO_4 - Na - SiO_2 - Fe_2O_3 - Al_2O_3
- 2) augmentation des teneurs sous herbes et karité : K (10 fois), Matières organiques (10 fois).
- 3) augmentation plus faibles sous herbes et surtout karité : Cl (4 fois), Ca, Mg.
- 4) baisse des teneurs sous herbe et surtout karité : PO_4 (?) et N total (1/2)

Si on multiplie les teneurs par les pluies enregistrées chaque mois à Saria durant les 3 campagnes on obtient des valeurs moyennes suivantes d'apport en kg/ha/an par les pluies.

TABLEAU 42.2 - Apport (kg/ha) par les eaux de pluie à Saria : moyenne 1971 à 1973

	Ciel ouvert	Herbage	Karité
Matières organiques	9,5	32,9	26,2
N (min. + org.)	4,7	3,8	3,2
P	2,1	3,4	0,6
K	2,9	9,9	28,7
Ca	15,5	19,5	25,8
Mg	2,7	3,6	8,2

En conclusion les apports par les pluies tout en étant modestes ne sont pas négligeables surtout en ce qui concerne l'azote et le calcium. L'analyse des eaux recueillies sous le couvert des hautes herbes (Andropogon) et surtout des arbres (Karité) montre qu'au niveau du couvert il peut y avoir :

- absorption de l'azote et peut être du phosphore,
- et simultanément recyclage rapide du calcium, du magnésium mais surtout du potassium et des matières organiques par lavage des feuilles.

Si on compare les teneurs des eaux de pluies recueillies à Saria (Centre Haute-Volta) avec celles qu'on a observées à Adiopodoumé (basse Côte d'Ivoire) ROOSE, 1974 on constate :

- une teneur plus élevée à Saria en P - Ca - K
- peu de différence pour SO₄ - Mg - matières organiques
- une teneur plus élevée à Abidjan en Cl - Na - N total.

On distingue bien les influences maritimes (Na - Cl) et continentales (P - Ca - K) de ces pluies.

43. Les pertes en solubles dans les eaux de ruissellement.

Les éléments adsorbés ou constitutifs des particules solides entraînées en suspension plus ou moins stables dans les eaux de ruissellement seront comptabilisés au paragraphe sur l'érosion : il ne s'agit ici que des éléments en solution.

Les moyennes pondérées mensuelles et annuelles sont réunies aux tableaux 43.1 à 43.4 (en annexe). Les pertes sont calculées en fonction du ruissellement moyen observé en 1971-73 et du ruissellement estimé moyen sur 30 ans.

431. Les teneurs.

(voir tableau 43.5)

TABLEAU 43.5 - Moyennes pondérées des teneurs (en ppm) en solubles des eaux de ruissellement en fonction des traitements - Saria, campagnes 1971 à 1973 -

		Cl	SO ₄	PO ₄	Ca	Mg	K	Na	Mat. organ.	N total	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
Sol nu	P7	2,79	8,89	1,37	3,07	0,87	1,14	0,40	2,93	1,67	3,21	0,35	0,75
Sorgho	P7	2,88	11,37	2,59	4,47	1,70	4,39	0,57	2,30	1,89	2,90	0,42	0,55
Jachère jeune	P7	0,76	2,00	1,10	2,40	0,56	1,08	0,46	2,57	1,28	1,24	0,17	0,05
Jachère vieille Prot.	"	0,97	2,08	1,80	3,43	0,90	2,50	0,50	5,72	1,59	0,87	0,29	0,01
Influence	"Jachère"	Jachère	Sorgho engrais	"	Sorgho engrais			N.S.	"Vieille jachère"	engrais	Jachère	Jachère	Jachère

Du tableau 43.5 on peut conclure :

1) les teneurs en solubles sont faibles en général et à peine plus élevées sous sorgho fertilisé que sous végétation naturelle ou sol nu.

2) on n'a pas assez d'éléments pour comparer l'influence du type de sol (en particulier pas de case d'érosion sous sorgho sur sol gravillonnaire).

3) l'influence de l'utilisation d'engrais sous sorgho est sensible (augmentation des teneurs) sur SO_4 , PO_4 , Ca, Mg et surtout K mais faible sur N.

4) sous jachère les teneurs sont plus faibles en Cl - SO_4 - SiO_2 fer et surtout alumine mais sous vieille jachère (Sur sol gravillonnaire il est vrai) les teneurs sont légèrement plus élevées que sous jeune jachère (voir SiO_2 - C - Mat. org. - bases).

En comparant les teneurs en solubles des eaux de ruissellement (tabl. 43.5) et celles des eaux de drainage (tabl. 45.1) on remarquera que les eaux de ruissellement sont plus riches en PO_4 - Mat. organiques - alumine et fer. Par contre les eaux de drainage sont plus riches en bases (surtout Ca), silice et azote. C'est un phénomène qu'on peut retrouver ailleurs (ROOSE, JADIN, 1969, ROOSE, BIROT, 1970; ROOSE et coll., 1970) et qui s'explique par le fait que les eaux de ruissellement, même filtrées, sont toujours plus chargées en particules pseudo-solubles (colloïdes très fins) que les eaux de drainage. Comme aux pH habituels (5 à 7,5) le phosphore, le fer et l'alumine sont insolubles mais peuvent se complexer avec les matières organiques, ils migrent plus facilement sous forme solide (à la surface du sol) mais très fine que sous forme soluble (floculation rapide dans les 50 premiers centimètres du sol).

Notons par ailleurs (tableaux 43.1 à 43.4 en annexe) que les variations mensuelles des teneurs sont faibles : c'est à peine si on observe une tendance à la baisse générale des teneurs à partir de juillet-août sous jachère sauf pour le fer et le phosphore qui augmentent un peu. Rien de net à signaler sous sorgho et sol nu.

Enfin l'évolution d'une année (1971) à l'autre (1973) des teneurs en solubles n'est pas marquée : on devine à peine une légère baisse des bases et du phosphore sous jachère.

Les variations de teneur en fonction des volumes ruisselés pourrait être plus importantes mais nous ne disposons pas encore d'un nombre suffisant d'échantillons.

Les variations des teneurs en soluble au cours des mois et des années étant faibles, il nous est possible de ne retenir qu'une valeur moyenne annuelle pondérée par les volumes ruisselés pour dresser le bilan des pertes en soluble par les eaux de ruissellement.

432. Les volumes ruisselés.

Pour évaluer les pertes en soluble par ruissellement on a retenu le ruissellement moyen observé de 1971 à 1973 et le ruissellement estimé moyen sur 30 ans.

TABLEAU 43.6	" Sol nu P ₇	! Sorgho P ₇	! Jachère jeune P ₇	" Jachère vieille Protection
R % 1971-72-73	" 43-35-38	! 26-10-27	! 20-5-6	" 10-0,4-0,3
R mm moyen 71-73	" 263,7 mm	! 144,2 mm	! 66,7 mm	" 22,0 mm
R % moyen 30 ans	" 40 %	! 20 %	! 5 %	" 3 %
R mm moyen 30 ans	" 330 mm	! 165 mm	! 45 mm	" 25 mm

Au tableau 43.6 on peut constater la diminution très sensible des coefficients de ruissellement sous jachères de 1971 à 73 alors qu'ils restent assez voisins sur sol nu et sous sorgho butté dans le sens de la pente. Il nous faudrait évidemment un plus grand nombre d'années d'observation pour définir avec précision le coefficient estimé moyen pour la pluviosité annuelle moyenne sur 30 ans.

433. Les pertes en solubles par les eaux de ruissellement.

(voir tableau 43.7)

EAUX SOLUTIONS

TABLEAU 46.2 - Pertes par ruissellement.

BULLETIN D'ANALYSES

ORIGINE Sarria - P₇ - Sorgho

Nombre d'échantillons

1. REFERENCES DEMANDEUR	CO ₂ libérés mg/l	Résistivité à 20°C	PH	Anions mg/l					Cations mg/l				OXYGENE		SiO ₂ mg/l		Fe ₂ O ₃ mg/l	Al ₂ O ₃ mg/l	N mg/l		Débit total mg/l	Débit solide mg/l
				CO ₃ ²⁻ Ruiss. (mm)	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	PO ₄ ⁻³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	consommé par la matière mg/l	dissous mg/l	total	dissous			NO ₃ ⁻	NH ₃		
Avril et Mai mp.				9,6			8,87	2,60	5,88	2,09	5,95	0,54	4,89			3,79	0,77	0,42			1,19	
Juin mp				11,7		3,62	12,88	2,48	4,09	1,96	6,27	0,28	2,10			2,56	0,32	0,44			2,17	
Juillet mp				76,0		3,78	13,83	3,21	5,11	1,63	4,34	0,55	1,87			2,97	0,16	0,71			1,69	
Août mp				31,3		1,42	6,90	1,85	3,23	1,72	2,30	0,77	2,30			2,81	0,44	0,47			2,36	
Sept. et Oct. mp				15,6		0,85	8,59	1,10	3,22	1,56	4,44	0,50	2,96			1,71	0,07	0,08			2,13	
Moyenne générale mp				144,2																		
Moyenne des teneurs 71 à 73							2,28	11,37	2,59	4,47	1,70	4,39	0,57	2,30		2,90	0,42	0,55			1,89	
Pertes annuelles Moyennes 71-73				144,2 mm		4,15	16,29	6,73	8,46	2,45	6,33	0,82	3,317		4,182	0,606	0,793			2,725		
Moyenne 30 ans P ₂ 20 %				165 mm		1,75	18,76	1,27	7,38	2,81	7,24	0,94	3,80		4,79	0,69	0,91			3,12		

EAUX SOLUTIONS

DEMANDEUR

TABLEAU 43.2 - Pertes par ruissellement.

Date de l'analyse

Site

BULLETIN D'ANALYSE

ORIGINE

Saria - P₇ - Jeune jachère

Nom

des échantillons

N°	REFERENCES DEMANDEUR	CO ₂ libre mg/l	Résistivité Ω / cm à 20°C	PH	Anions mg/l					Cations mg/l				OXYGENE conco- nme- ner la matière mg/l	SiO ₂ mg/l total	Fe ₂ O ₃ mg/l	Al ₂ O ₃ mg/l	N mg/l		Debit solide mg/l	30° mg
					CO ₃ ²⁻ Volume (30°)	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺					NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺		
	Mai et Avril R(mm)	1,8			1,8	0,50	3,7	2,23	1,18	1,10	2,03	0,23	8,30		1,1	0,27	0,17			0,27	
	Juin	8,2			8,2	0,09	2,9	1,67	3,87	0,94	2,34	0,48	4,25		1,7	0,16	0,08			1,77	
	Juillet	35,3			35,3	0,91	1,9	1,15	2,37	0,51	0,91	0,43	2,49		0,85	0,12	0,04			1,60	
	Août	17,0			17,0	0,91	1,8	0,59	1,68	0,41	0,84	0,46	1,51		1,5	0,27	0,03			0,79	
	Septembre	4,3			4,3	0,25	1,6	1,17	1,98	0,66	0,67	0,60	1,73		1,6	0,13	0,08			0,36	
	Octobre	0,1			0,1	-	-														
		66,7			66,7																
	Moyenne des teneurs	np 71-73				0,76	2,0	1,10	2,40	0,53	1,08	0,46	2,57		1,24	0,17	0,03			1,28	
	Pertes annuelles moyennes	71-73 kg/ha	66,7			0,507	1,334	0,724	1,601	0,374	0,720	0,307	1,714		0,827	0,113	0,033			0,854	
	moyenne 30 ans				45 mm	0,34	0,90	0,50	1,08	0,25	0,49	0,21	1,16		0,56	0,08	0,02			0,58	
	Kg 5%																				

EAUX SOLUTIONS

BULLETIN D'ANALYSES

DEMANDEUR

TABLEAU 43.4 - Pertes par ruissellement

Date de reception

Serie

ORIGINE

Saria - Protection : Vieille jachère protégée

Nombre

d'échantillons

REFERENCES DEMANDEUR	COTÉ de la tranchée	DRAINAGE ou non	Pente	COTÉ de la tranchée	ANIONS mg/l			CATIONS mg/l				OXYGENE		SiO ₂ mg/l		Fe ²⁺ O ₃ Al ²⁺ O ₃		N mg/l		Débit solide mg/l	Mn mg/l	
					Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	consommé par la culture mg/l	dissous mg/l	Totale	dissoute	mg/l	mg/l	NO ₂	NO ₃			NH ₄ ⁺
Mai + Avril R mm=	0,3				0,3	0,75	3,38	0,75	4,40	1,50	6,20	1,80	5,60			4,80	0,13	0,01			7,50	
Juin	0,8				0,8	0,75	3,38	0,75	4,40	1,50	6,20	1,80	5,60			4,80	0,13	0,01			7,50	
Juillet	16,8				16,8	1,05	2,18	1,87	3,82	0,95	2,22	0,40	6,63			0,68	0,22	0,01			1,30	
Août	2,3				2,3	1,18	0,83	1,57	3,81	0,50	2,41	-	1,28			-	0,27	0,02			1,14	
Septembre	1,7				1,7	-	-	2,10	3,39	0,50	2,93	0,52	2,81			-	0,14	0,02			1,22	
Octobre	0,1				0,1	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	-			-	
	22,0 mm				22,0																	
Moyennes des teneurs 71-73 mp						0,97	2,08	1,80	3,43	0,90	2,50	0,50	5,72			0,87	0,29	0,01			1,58	
Pertes annuelles moyenne 71-73 kg/ha						0,213	0,458	0,396	0,755	0,198	0,550	0,10	1,258			0,191	0,064	0,002			0,350	
Moyenne 30 ans					25 mm	0,24	0,52	0,45	0,86	0,23	0,63	0,13	1,43			0,11	0,07	0,002			0,10	

433. Les pertes en solubles par les eaux de ruissellement.

TABLEAU 43.7		Cl	SO ₄	PO ₄	"	Ca	Mg	K	Na	"	C	N total	"	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
<u>Bère Hypoth. Moyenne 71-73</u>					"					"			"			
Sol nu	P7	7,4	23,4	3,6	"	8,1	2,3	3,0	1,1	"	7,73	4,40	"	8,47	0,92	1,98
Sorgho	P7	4,2	16,4	3,7	"	6,4	2,5	6,3	0,8	"	3,32	2,73	"	4,18	0,61	0,79
Jachère jeune	P7	0,5	1,3	0,7	"	1,6	0,4	0,7	0,3	"	1,71	0,85	"	0,83	0,11	0,03
Jachère vieille	Prot.	0,2	0,5	0,4	"	0,8	0,2	0,6	0,1	"	1,26	0,35	"	0,19	0,06	0,002
<u>Hypothèse moyenne 30 ans</u>					"					"			"			
Sol nu	P7	9,2	29,3	4,5	"	10,1	2,9	3,8	1,3	"	9,7	5,5	"	10,6	1,16	2,48
Sorgho	P7	4,8	18,8	4,3	"	7,4	2,8	7,2	0,9	"	3,8	3,1	"	4,8	0,69	0,91
Jachère jeune	P7	0,3	0,9	0,5	"	1,1	0,3	0,5	0,2	"	1,2	0,6	"	0,6	0,08	0,02
Jachère vieille	Prot.	0,2	0,5	0,5	"	0,9	0,2	0,6	0,1	"	1,4	0,4	"	0,2	0,07	0,002

44. Les pertes par drainage.

Le dispositif mis en place à Saria (16 cases Dv) permet de mesurer le drainage à différentes profondeurs en forçant toutes les eaux de pluie à pénétrer dans des monolithes de sol non perturbé. Certains échantillons composites de ces eaux de drainage apparent ont été analysés. Pour quantifier les pertes par drainage vrai au-delà du réseau racinaire on tiendra compte du produit des teneurs des eaux de drainage apparent par le drainage apparent (hypothèse maxi.) ou par le drainage corrigé (Dv app. - Ruiss) (hypothèse mini).

Le calcul des teneurs pondérées est effectué en moyenne pour les 3 années pour les 4 mois drainant puis en moyenne pour l'année.

Les pertes par drainage dépendent des teneurs en les différents éléments considérés et du volume de drainage: nous allons les passer en revue successivement.

441. Les teneurs en solubles des eaux de drainage.

(voir tableau 44.1)

Du tableau 44.1 on peut conclure :

- 1/ Sauf pour le calcium et l'azote les variations sont faibles quel que soit le traitement ;
- 2/ L'influence des deux types de sols se fait sentir par ordre décroissant sur les teneurs en Ca, Mg et K, SiO₂, et les matières organiques ;
- 3/ L'influence du couvert (jachère ou culture) et l'utilisation ou non d'engrais est très faible (sauf peut-être pour N total sur sorgho en P7) ; on peut donc avancer l'hypothèse selon laquelle les pertes par drainage en solubles, proviennent avant tout de l'évolution du stock minéral et organique du sol. Cette hypothèse a d'ailleurs été confirmée dans le cas de l'azote en Côte d'Ivoire par l'IRAT travaillant sur le même type de lysimètre à l'aide de l'azote marqué (N15) (voir IRAT/CI, 1974).

TABLEAU 44.1 - Moyennes pondérées (p.p.m.) des teneurs en solubles en fonction des traitements.

	Cl	SO ₄	PO ₄	Ca	Mg	K	Na	Ox. " moy.	N total	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
Sorgho P ₇	2,29	1,96	0,09	13,85	4,04	3,80	6,25	1,2	8,17	16,9	0,04	0,05
Jachère P ₇	2,35	3,60	0,16	9,67	3,15	3,23	5,62	1,1	2,35	17,9	0,06	0,10
Jachère Protection	2,17	1,62	0,12	30,02	6,92	5,11	1,89	1,9	3,32	14,7	0,06	0,04
Sorgho Protection	3,25	2,43	0,26	19,65	5,76	6,43	5,39	1,8	2,43	12,1	0,08	0,07
Influence	NS	NS	NS	≠ Sol	≠ Sol	≠ Sol	NS	≠ Sol	≠ culture	≠ Sol	NS	NS

4/ Les teneurs moyennes pondérées sont très :

- faibles en PO₄, Fer, Alumine, ($\leq 0,2$ ppm)
- faibles en matières organiques, Cl et SO₄ (1 à 3 ppm)
- moyennes en Mg, K et Na (3 à 7 ppm)
- fortes en calcium et silice (10 à 30 ppm).

Par ailleurs on n'a pas constaté d'évolution nette des teneurs d'une année à l'autre ni d'un mois à l'autre : on peut donc valablement calculer les pertes en solubles par les eaux de drainage à partir des teneurs moyennes pondérées (tableau 44.1).

442. Les volumes drainés.

TABLEAU 44.2	Parcelle 7			
	Sorgho	Jachère jeune	Jachère vieille	Sorgho
Jun	71	-	-	-
	72	2,5	35,7	61,6
	73	3,9	0,7	8,3
	M	3,2	18,2	35,0
Jul	71	12,1	2,3	31,5
	72	13,2	36,2	27,8
	73	150,5	139,0	166,0
	M	58,6	59,2	75,1
Août	71	54,5	64,3	94,7
	72	8,7	74,8	92,9
	73	47,4	57,1	65,5
	M	36,9	65,4	84,4
Sept	71	4,2	5,9	47,5
	72	0	18,9	34,6
	73	0	3,9	1,0
	M	1,4	9,6	27,7
Total	71	70,8	72,5	173,7
	72	24,4	165,6	216,9
	73	201,8	200,6	240,8
Moy.Dv	71 à 73	100,4	152,4	222,2
Moy. Dv corrigé 1971 à 1973		12,8	99,3	185,8
Moy. Dv corrigé estimé 30 ans		45,3	156,1	168,3

On a reporté au tableau 44.2 le drainage mensuel brut (en mm) observé à chacun des 4 groupes de lysimètres. On peut y constater :

- 1/ la très forte variabilité du drainage mensuel et annuel parallèlement aux variations de la répartition et de la hauteur des pluies durant les 4 mois drainants (juin à septembre) ;
- 2/ l'influence considérable du sol : en l'occurrence le sol gravillonnaire étant beaucoup plus perméable en surface et son pouvoir de rétention en eau plus faible est soumis à un drainage plus intense que le sol ferrugineux sur carapace en profondeur ;
- 3/ l'influence du couvert végétal : le drainage est plus intense sous jachère que sous sorgho à cause des différences de ruissellement très importante constatées sur le terrain.

443. Les pertes de solubles par drainage.

On a retenu trois hypothèses pour les pertes par drainage (voir tableau 44.2) :

a) Dans le cadre des observations de 1971 à 73 on considère que les pertes sont le produit des teneurs observées par les volumes drainés non corrigés du ruissellement : c'est l'hypothèse "Maxi 1971-73".

b) Toujours dans le cadre des observations 1971 à 73 on considère que les pertes se limitent aux eaux de drainage vrai (Dv. brut - ruiss.) et que les teneurs ne changent pas significativement : c'est l'hypothèse "1971-73 mini".

c) Enfin si on considère l'évolution à long terme du sol il faut tenir compte du drainage moyen corrigé estimé à partir de l'équation du bilan hydrique (§ 32) : c'est l'hypothèse "moyenne 30 ans".

TABLEAU 44.3 - Pertes en soluble par les eaux de drainage en kg/ha/an.

	Cl	SO ₄	PO ₄	Ca	Mg	K	Na	C	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	N total	
Hypothèse 71-73 Maxi.													
P ₇	Sorgho	2,3	2,0	0,09	13,9	4,0	3,8	6,3	1,2	16,9	0,04	0,05	8,2
	Jachère jeune	3,6	5,5	0,24	14,7	4,8	4,9	8,6	1,7	27,3	0,09	0,15	3,6
Prot.	Jachère vieille	4,8	3,6	0,28	66,7	15,4	11,4	4,2	4,2	32,7	0,13	0,09	7,4
	Sorgho	7,5	5,6	0,60	45,4	13,3	14,8	12,4	4,2	27,9	0,19	0,16	5,6
Hypothèse 71-73 Mini.													
P ₇	Sorgho	0,3	0,3	0,01	1,8	0,5	0,5	0,8	0,2	2,2	0,005	0,006	1,0
	Jachère jeune	2,3	3,6	0,16	9,6	3,1	3,2	5,6	1,1	17,8	0,060	0,090	2,3
Prot.	Jachère vieille	4,0	3,0	0,22	55,8	12,9	9,5	3,5	3,5	27,3	0,111	0,074	6,2
	Sorgho	2,6	1,9	0,21	15,5	4,5	5,1	4,2	1,4	9,5	0,063	0,055	1,9
Hypothèse "moyen 30 ans"													
P ₇	Sorgho	1,0	0,9	0,04	6,3	1,8	1,7	2,8	0,5	7,7	0,018	0,023	3,7
	Jachère jeune	3,7	5,6	0,25	15,1	4,9	5,0	8,8	1,7	27,9	0,094	0,156	3,7
Prot.	Jachère vieille	3,7	2,7	0,20	50,5	11,6	8,6	3,2	3,2	24,7	0,101	0,061	5,6
	Sorgho	3,1	2,3	0,25	18,8	5,5	6,1	5,2	1,7	11,6	0,076	0,067	2,3

Le tableau 44.3 des pertes de solubles par drainage montre bien que ces pertes varient surtout en fonction des volumes drainés et seront donc fonction avant tout du ruissellement mesuré à côté des lysimètres puisque aussi bien l'hypothèse "Mini 71-73" que "Moyenne 30 ans" tiennent compte du ruissellement. C'est ainsi que les pertes sous sorgho fertilisé sont inférieures aux pertes sous jachère parce que le ruissellement sous jachère est beaucoup plus faible (3-10 %) que sous sorgho (15-20 %).

Les pertes par drainage sur sol gravillonnaire (Prot.) sont nettement plus fortes que sous sol ferrugineux tropical (P7): on retrouve encore le parallélisme entre les pertes en soluble et le drainage.

Les pertes sont faibles en azote total (1 à 8 kg/ha/an), potassium (0,5 à 11 kg/ha/an), magnésium (0,5 à 15 kg/ha/an) et matières organiques (0,2 à 5 kg/ha/an) : on peut le comprendre en considérant les faibles réserves du sol, l'avidité des plantes en ces minéraux et la faible proportion des matières organiques solubles migrant dans le sol (donc très forte minéralisation voir PERRAUD-ROOSE, 1972).

Les pertes en phosphore sont très faibles (0,01 à 0,4 kg/ha/an) ce qui confirme la fixation rapide du phosphore dans les sols tropicaux riches en fer et alumine.

Les pertes en calcium par contre sont élevées (2 à 66 kg/ha/an) malgré le faible drainage. Les raisons n'en sont pas évidentes puisque la capacité d'échange en bases du sol est loin d'être saturée et qu'on ne constate pas plus de différence entre les deux types de sol qu'entre la jachère et le sorgho fertilisé !

Ces pertes en calcium abondantes dans les eaux de drainage sont générales dans toutes les circonstances que nous avons pu analyser au lysimètre sur sols ferrallitiques : elles sont généralement à mettre en parallèle avec de fortes teneurs en sulfates de ces mêmes eaux, ce qui n'est pas le cas ici.

Tableau 45.1. Evolution des teneurs moyennes pondérales des sédiments transportés par érosion sous vieille jachère.

Saria : campagnes 1971 à 73 : parcelle protection = sol ferrugineux tropical granitique de la surface.

TENEURS	TERRES de fond (POT)					SUSPENSIONS (POS)				
	TENEURS				Quantité kg/ha/an	TENEURS				Quantité kg/ha/an
	1971	1972	1973	mp 71-73		1971	1972	1973	mp 71-73	
Matières organiques %	35.0	40.6	43.0	40.3	3.12	-	-	143.0	143.0	4.33
C	29.8	23.3	25.2	23.4	1.81	58.0	-	85.2	62.6	2.51
N	1.43	1.51	1.78	1.58	0.123	4.33	-	5.75	4.6	0.18
P total	0.75	0.87	0.91	0.84	0.065	0.32	-	0.35	0.33	0.13
Bases échangeables										
Ca me/100 gr	16.40	7.17	6.53	10.40	0.161	0.6	-	-	0.6	0.005
Mg "	1.60	1.38	1.51	1.50	0.014	0.3	-	-	0.3	0.011
K "	0.97	0.57	0.41	0.66	0.026	0.2	-	-	0.2	0.003
Na "	0.09	0.05	0.03	0.06	0.001	0.1	-	-	0.1	0.001
Bases totales										
Ca me/100 gr	-	19.3	15.3	17.40	0.270	-	-	8.6	3.6	0.063
Mg "	-	6.12	6.51	6.30	0.053	-	-	10.2	10.2	0.049
K "	-	6.71	7.86	7.30	0.221	-	-	11.4	11.4	0.178
Na "	-	2.60	2.06	2.31	0.041	-	-	3.6	3.6	0.033
Teneur										
SiO ₂ %	11.3	9.5	9.1	9.53	7.14	23.4	-	16.3	21.9	8.78
Al ₂ O ₃ "	9.20	7.11	6.64	7.70	5.97	20.7	-	14.7	19.6	7.86
Fe ₂ O ₃ "	5.5	4.14	4.25	4.86	3.72	4.7	-	5.55	4.8	1.96
Texture										
argile	6.9	10.3	11.4	9.5	7.36	-	-	-	50 *	20.65
limon fin	6.6	6.6	9.7	7.7	5.97	-	-	-	20 *	8.62
" grossier	15.3	18.3	21.6	18.5	14.34	-	-	-	16 *	6.42
sable fin	19.7	20.9	20.7	20.4	15.81	-	-	-	5 *	2.01
" grossier	44.7	41.5	32.8	33.6	30.69	-	-	-	1 *	0.46
Terre érodée kg/ha/an	82.0	69.7	80.8	77.5		64.3	16.6	19.3		40.1

* estimation - dans d'analyse

Tableau 45. 2 - Evolution des teneurs moyennes pondérées des sédiments transportés par érosion sous une jeune jachère.

Série : campagnes 1971 à 73; parcelle 7 = sol ferrugineux tropical peu profond sur calcaire.

TENEURS	T E R R E S de Fond (SOTerfo)					S U S P E N S I O N S (SUSerfo)					Quantité kg/ha/an
	1971	1972	1973	mp 71-73	Q. kg/ha/an	1971	1972	1973	mp 71-73		
Matières Organiques	16.8	11.4	14.6	14.6	4.96	58.9	78.3	80.0	69.3	8.24	
C	9.1	6.6	8.5	8.5	2.88	34.2	45.4	46.4	40.6	4.79	
N	0.35	1.41	0.83	0.39	0.13	2.90	4.12	3.51	3.45	0.41	
P total	0.18	0.16	0.17	0.17	0.08	0.96	1.23	1.09	1.08	0.13	
Bases échangeables											
Ca me/100gf.	1.54	1.69	1.95	1.64	0.111	0.55	1.49	2.80	1.33	0.031	
Mg "	0.47	0.29	0.28	0.38	0.016	0.48	0.44	0.46	0.46	0.007	
K "	0.22	0.12	0.14	0.17	0.022	0.37	0.32	0.25	0.33	0.015	
Na "	0.05	0.01	0.01	0.03	0.002	0.13	0.04	0.03	0.08	0.002	
Bases totales											
Ca me/100gf.	-	3.16	4.02	3.37	0.228	-	4.15	5.92	4.80	0.113	
Mg "	-	1.74	1.89	1.78	0.013	-	11.5	12.0	11.68	0.167	
K "	-	3.64	5.33	4.20	0.554	-	11.0	12.0	11.37	0.523	
Na "	-	1.16	1.63	1.14	0.089	-	3.22	2.93	3.13	0.085	
Traçants											
SiO ₂ %	5.3	3.7	3.6	4.5	15.23	24.4	20.4	16.9	21.5	25.35	
Al ₂ O ₃ "	3.3	2.0	1.9	2.9	9.19	21.6	17.1	15.3	19.5	21.81	
Fe ₂ O ₃ "	2.4	1.8	1.3	2.0	6.77	4.4	3.9	3.3	4.1	4.93	
Texture											
argile %	5.9	3.1	4.5	4.3	16.6	-	45.3	36.1	42.6	50.2	
limon fin "	4.4	2.3	3.1	3.5	11.8	-	13.2	20.2	15.8	18.4	
" grossier "	19.3	19.1	19.3	19.5	21.3	-	13.6	20.6	16.2	19.1	
sable fin "	18.4	24.6	24.4	21.1	71.4	-	11.1	7.7	9.9	11.7	
" grossier "	51.9	55.5	48.2	52.8	178.7	-	8.0	8.1	8.0	9.4	
Taux erodé kg/ha/an	537.0	364.4	114.2	338.5		159.9	123.2	71.2	177.9		

Tableau 45.3. Evolution des teneurs moyennes pondérales des sédiments transportés par érosion sous culture (Sorgho)

Série : campagnes 1971 à 73; parcelle 7 = sol ferrugineux tropical peu profond sur corallifère.

TENEURS	TERRE de Fond (SOT-C)					SUSPENSIONS (SOS-C)				
	1971	1972	1973	mp 11-73	Quantité kg/ha/an	1971	1972	1973	mp 71-73	Quantité kg/ha/an
Matières organiques %	18.0	10.6	13.0	12.8	19.92	36.0	53.0	56.0	63.2	98.06
C	10.5	5.1	7.5	7.3	9.19	20.9	36.8	31.3	25.1	56.98
N	0.15	0.38	0.61	0.55	0.83	1.98	3.30	2.20	2.56	5.22
P total	0.31	0.23	0.33	0.29	0.44	1.05	1.21	1.26	1.10	2.50
Bases échangeables me/100g										
Ca	5.15	1.63	1.68	2.29	0.657	2.20	3.59	3.69	2.61	1.185
Mg	0.98	0.55	0.59	0.57	0.104	1.08	1.26	1.48	1.15	0.316
K	0.95	0.20	0.19	0.33	0.193	0.65	0.64	0.56	0.21	0.186
Na	0.66	0.01	0.02	0.02	0.007	0.11	0.64	0.64	0.69	0.147
Bases totales me/100g										
Ca	-	2.11	3.01	2.87	0.862	-	5.17	5.07	5.14	2.354
Mg	-	2.19	2.74	2.48	0.455	-	15.93	13.49	14.63	4.018
K	-	0.42	1.43	0.35	4.063	-	14.23	14.31	14.13	12.936
Na	-	1.61	1.56	1.57	0.542	-	3.57	2.77	3.35	1.749
Trioxide %										
SiO ₂	6.9	5.1	5.3	5.5	32.56	32.5	25.2	22.9	36.2	685.54
Al ₂ O ₃	4.8	3.1	3.6	3.6	54.04	25.7	26.3	19.1	24.1	547.77
Fe ₂ O ₃	1.8	1.5	1.6	1.6	24.02	5.0	4.8	4.0	4.3	111.23
Texture %										
argile	10.5	1.4	1.9	8.2	123.68	71.5	55.1	49.0	61.4	1547.25
limon fin	13.9	6.0	6.8	7.8	117.08	21.3	28.3	31.7	23.6	535.12
" grossier	31.3	16.7	24.0	22.5	337.13	2.8	7.1	11.9	4.6	104.42
sable fin	14.4	21.5	18.3	18.8	282.19	0.5	2.0	1.5	0.89	20.20
" grossier	29.4	49.4	42.4	42.6	639.43	0.5	1.7	1.1	0.80	18.16
Terre érodée kg/ha/an	814.0	1783.3	1925.6	1506.9		4841.0	1419.0	550.9	2240.3	

Tableau 45, 4. Evolution des teneurs moyennes pondérées des éléments transportés par érosion sur sol nu (Wischmei à Savia ; campagnes 1971 à 73 ; Parcelle Wisch. = sol ferrugineux tropical peu profond sur corail a.c.

TENEURS	T E R R E S de			fond (SOTW)		S U S P E N S I O N S (SOSW)				
	TENEURS			Quantité		TENEURS			Quantité	
	1971	1972	1973	mp 71 à 73	kg/ha/an	1971	1972	1973	mp 71 à 73	kg/ha/an
Matériaux Organiques %	11.0	7.7	7.3	7.7	38.53	31.9	33.7	25.4	32.5	118.35
C	6.4	4.4	4.2	4.5	22.36	18.5	19.5	12.4	18.6	68.63
N	0.52	0.25	0.35	0.33	1.64	1.90	1.68	1.15	1.52	5.61
P total	0.16	0.15	0.11	0.16	0.79	0.65	0.61	0.52	0.61	2.25
Eaux échangeables										
Ca mg/100g	3.09	1.01	1.72	1.55	1.540	0.50	2.30	1.86	1.88	1.358
Mg	0.52	0.28	0.43	0.33	0.234	0.56	0.81	0.66	0.73	0.326
K	0.35	0.08	0.11	0.12	0.233	1.41	0.21	0.12	0.26	0.344
Na	0.03	0.01	0.01	0.01	0.011	0.17	0.02	0.01	0.05	0.043
Eaux totales										
Ca mg/100g	-	1.97	2.32	2.18	2.166	-	3.88	3.68	3.85	2.843
Mg	-	2.12	2.03	2.10	1.263	-	12.02	9.56	11.72	5.237
K	-	6.31	6.86	6.85	13.275	-	15.93	15.96	15.53	22.348
Na	-	1.52	1.56	1.56	1.760	-	3.58	3.23	3.54	3.007
Triacide										
SiO ₂ %	5.4	5.0	7.06	6.13	304.5	32.5	25.1	16.5	25.78	452.4
Al ₂ O ₃	3.5	2.6	4.56	3.75	186.3	26.8	26.4	13.8	26.80	768.1
Fe ₂ O ₃	1.50	1.35	1.16	1.58	18.5	5.2	4.4	3.2	4.45	164.3
Texture										
Argile %	10.9	20.7	10.4	14.3	710.4	73.5	53.2	34.8	55.6	2653.2
limon fin	3.7	5.0	8.6	7.2	357.7	16.8	27.3	32.1	25.6	945.4
grossier	24.0	17.4	16.1	17.5	869.4	5.4	14.6	24.5	13.7	565.9
sable fin	16.7	17.3	33.5	18.1	899.2	0.2	1.7	4.8	7.7	284.3
grossier	33.5	39.5	44.2	42.3	2101.5	0.1	0.7	2.6	0.6	22.2
Tota érosie kg/ha/an	1101	5595.7	8247.2	4969.6		2238	7766	1684.4	3692.8	

45. Les pertes par érosion.

A Saria il existe quatre parcelles expérimentales de 100 à 250 m² au bas desquelles on mesure et on effectue des prélèvements sur les eaux de ruissellement, les suspensions (fines) et les terres grossières érodées.

Il ne nous a pas été possible pour des questions budgétaires et techniques d'analyser tous les échantillons prélevés mais ceux-ci ont été regroupés par périodes de façon à fournir des échantillons de taille suffisante pour procéder aux analyses classiques. Les analyses d'eau de ruissellement et de terre (suspension et terre de fond) ont été réalisées au laboratoire Central d'analyse du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé.

Nous ne reviendrons plus ici sur les analyses d'eau de ruissellement (voir § 43) mais nous commenterons brièvement l'évolution des teneurs moyennes pondérées des terres de fond et des suspensions puis le bilan des pertes en divers éléments par érosion avant de conclure sur la sélectivité de celles-ci et le mode de transport des éléments étudiés.

45.1. Les teneurs en divers éléments des terres érodées.

Les résumés annuels des résultats d'analyse sont rassemblés aux tableaux 45.1 à 45.4. On peut en tirer les conclusions suivantes.

1) Les matières organiques (C et N) semblent stables dans les terres de fond mais augmentent dans les suspensions sauf sur parcelle nue : ceci correspond sans doute à une variation des teneurs en matières organiques du sol en fonction des productions végétales sous l'influence des divers traitements.

2) Les teneurs en phosphore des terres érodées ont tendance à augmenter sauf sur sol nu. Les teneurs sont nettement plus élevées sous culture fertilisée que sur sol nu.

3) La somme des bases échangeables baisse dans les terres de fond mais augmente dans les suspensions. Alors que les teneurs en calcium et magnésium augmentent dans les suspensions celles du potassium et du sodium diminuent. Après trois années d'expérimentation les suspensions sous culture fertilisée sont deux fois plus riches en bases que celles d'un sol nu non fertilisé.

4) Les teneurs en bases totales évoluent peu au cours des années. On peut remarquer qu'il existe une forte réserve en potasse et magnésie localisée dans les suspensions fines.

5) Les teneurs en argile + limon (0 à 20 microns) des terres érodées augmentent sur les parcelles bien couvertes (jachères) en même temps que diminuent les apports de sables dûs aux perturbations le long des bordures. Par contre sous culture et à fortiori sur sol nu travaillé, les pertes en particules fines (0-20 microns) diminuent et sont compensées par le sable grossier: on peut penser qu'il se forme un mulch sableux à la surface de l'horizon travaillé. Il faut noter aussi que, dans les suspensions prélevées sur sol nu, la baisse de teneur en argile s'accompagne d'une augmentation des teneurs en limon.

Enfin, on peut déjà se rendre compte que l'érosion est très sélective vis-à-vis des particules fines en comparant les teneurs en argile plus limons

{	= 27 à 55 % dans les terres de fond;
	= 73 à 96 % dans les suspensions,
	= 21 à 33 % dans le sol en place (0-10 cm).

6) Les teneurs en silice, alumine et fer diminuent nettement surtout dans les suspensions: ceci pourrait être à mettre en parallèle avec la baisse des teneurs en argile dans les suspensions alors que les teneurs en limon augmentent.

452. Les pertes totales par érosion.

Les pertes moyennes pour les campagnes 1971 à 73 ont été résumées aux tableaux 45.5 à 45.8 : on peut y trouver - les quantités (moyennes en kg/ha/an) perdues dans les terres de fond, les suspensions et le ruissellement et leur proportion par rapport à l'érosion totale,

- la comparaison des teneurs des terres érodées et de l'horizon superficiel du sol en place (c'est l'indice de sélectivité de l'érosion),

- les proportions des pertes sous forme soluble solide et à longue distance (ruissellement et terres fines).

Passons rapidement en revue les pertes en respectant l'ordre des traitements :

- | | | |
|---|---|--------------------------------|
| { | 1 | vieille jachère en protection, |
| | 2 | jeune jachère en P7, |
| | 3 | culture sorgho en P7, |
| | 4 | sol nu en P7. |

Les pertes en matières organiques ($C \times 1,723$) s'élèvent à 9,6 - 16,2 - 122,7 et 170,2 kg/ha/an selon les traitements de moins en moins protecteur. Elles sont donc faibles par rapport au stock de matières organiques de l'horizon cultivé et représentent à peine 20 % des matières organiques stockées dans 1 centimètre de sol en place (M.O. = 0,5 % ; da = 1,68 ; M.org. = 840 kg/ha/cm).

Les pertes en azote sont très modérées (0,7 - 1,4 - 8,8 et 11,7 kg/ha/an selon les traitements).

Les pertes en phosphore (P) sont faibles (0,3 - 0,4 - 4,1 et 4,2 kg/ha/an).

Les pertes en bases échangeables sont très faibles sous jachère (moins de 1 kg/ha/an). Sous culture les pertes par érosion atteignent 8,3 kg de Ca, 3kg de Mg et 6,7 kg/ha/an de potassium échangeable.

Les pertes par érosion de bases totales ne dépassent 2 kg/ha/an sous jachère. Sous culture on a trouvé 9,6 kg de Ca, 7 kg de Mg et 23,4 kg de potassium : ceci montre l'importance des réserves en magnésium et surtout potassium du sol, réserves liées principalement aux particules fines, celles qui sont érodées sélectivement dans ce genre de paysage pédologique.

Il faut noter ici que les pertes en bases et phosphore échangeables représentent des pertes à court terme mais qu'à moyen et surtout long terme (5 et 10 ans) les bases totales et phosphore total perdus par érosion sont à l'origine d'une baisse de fertilité du sol : c'est donc en définitive de ces valeurs totales dont il convient de tenir compte.

Les pertes en silice, alumine et fer sont proportionnelles à celles d'argile : elles sont donc faibles sous jachère (6 à 41 kg/ha/an) et fortes sous culture et sol nu ($SiO_2 = 770$ et 1265 kg ; $Al_2O_3 = 602$ et 956 kg ; $Fe_2O_3 = 136$ à 244 kg/ha/an). On peut constater que les valeurs de silice et alumine sont très voisines tandis que celles du fer sont cinq fois plus faibles ce qui pourrait être une des raisons de l'accumulation importante de fer dans ces types de sol de plateau.

L'érosion sur ces plateaux à très faible pente intéresse principalement les particules fines c'est-à-dire les colloïdes organiques et minéraux ainsi que les limons (de 0 à 50 microns); les sables grossiers s'accumulent dans l'horizon superficiel (= appauvrissement) tandis que les sables fins sont aussi bien représentés dans le sol en place que dans les matériaux érodés.

453. Sélectivité de l'érosion.

Si on compare les teneurs en éléments érodés à celles du sol en place on constate souvent que l'érosion est un phénomène extrêmement sélectif. On peut définir l'indice de sélectivité pour chaque élément comme le rapport entre la teneur des matériaux érodés et celle de l'horizon superficiel du sol en place (labouré ou susceptible d'être remanié par l'exploitation agricole). Les éléments des calculs se trouvent aux colonnes 4 et 5 des tableaux 45.5 à 45.8 et les indices de sélectivité en fonction des traitements ont été réunis au tableau 45.9.

TABLEAU 45.9 - Indice de sélectivité en fonction des traitements. - Saria campagnes 1971 à 1973 -

Traitements	Vieille jachère	Jeune jachère	Culture sorgho	Sol nu à plat
C	3,0	4,9	4	2,4
N	6,0	10,1	4	2,3
P	16,5	1,2	1,7	0,8
Ca échangeable	12,9	19,8	12,8	7,4
Mg "	14,4	22,8	16,7	7,2
K "	48,7	207,7	38,5	9,0
Na	94,0	301,7	76,7	44,3
Ca totaux	7,3	12,5	3,9	2,3
Mg "	3,9	3,0	7,1	3,9
K "	10,1	6,5	10,4	7,6
Na "	18,1	18,6	14,9	12,3
SiO ₂	1,4	1,2	2,8	2,0
Al ₂ O ₃	1,3	1,1	2,5	1,8
Fe ₂ O ₃	0,91	1,1	1,5	1,2
Argile	2,8	2,21	6,5	4,8
Limon fin	2,5	1	2,5	2,2
Limon grossier	2,2	0,9	0,6	0,8
Sables fins	1	0,9	0,4	0,7
Sables grossiers	0,4	0,9	0,4	0,9

On peut en conclure :

- l'érosion est très sélective vis-à-vis des matières organiques (C et N) des bases totales et surtout des bases échangeables ;
- la sélectivité est encore nette pour la silice, l'alumine et dans une moindre mesure le fer et le phosphore ;
- l'érosion entraîne sélectivement l'argile et les limons fins ; par contre les sables grossiers s'accumulent sur place. Les sables fins et très fins (ou limons grossiers) sont à la transition.

Les indices de sélectivité du carbone, de l'azote, du phosphore, ^{bases échangeables} des ~~et~~ totales diminuent lorsque l'érosion augmente (sol cultivé ou nu mais travaillé) par contre ils auraient tendance à augmenter pour la silice, l'alumine, le fer et l'argile. Cette dernière conclusion est importante au point de vue pédogénèse car elle implique qu'en zone densément peuplée où les jachères deviennent de plus en plus rares, l'érosion augmente et entraîne à sa suite un appauvrissement en colloïdes et une lixiviation en éléments nutritifs accélérés de l'horizon superficiel de ces sols ferrugineux tropicaux.

454. Le mode de transport.

Carbone, phosphore, silice, alumine et fer migrent principalement (70 à 99%) sous forme solide et en majorité dans les suspensions.

Les bases échangeables par contre sont liées aux eaux de ruissellement et migrent sous forme soluble (73 à 96 %). L'azote et les bases totales migrent soit sous forme soluble soit sous forme solide en fonction de l'importance des déplacements de terre fine : sous jachère bien protégée les formes solubles dominant tandis que sous culture peu protectrice et sol nu, l'azote et les bases totales sont liées aux suspensions.

L'argile et les limons fins migrent évidemment préférentiellement en suspension.

A la colonne 8 des tableaux 45.5 à 45.8 on a réuni les pourcentages des éléments susceptibles d'être entraînés sur de longues distances: il s'agit des solubles et des particules fines entraînées en suspension stable par les eaux de ruissellement. On constate qu'en dehors des sables et d'une faible fraction du carbone, des limons et des bases totales presque tous les éléments constituant la fertilité des sols sont emportés hors de la toposéquence par le réseau hydrographique. Ceci explique aussi la pauvreté chimique des sols colluviaux.

TABLEAU 45.5 - Pertes par érosion (kg/ha/an) d'une parcelle sous vieille jachère protégée intégralement: (Protection)
Saria; moyenne des campagnes 1971 à 73. Sol ferrugineux gravillonnaire dès la surface: pente 1,4 %.

	"Terre de fond (1)	Suspension (2)	Ruissellement (3)	Erosion totale (4)	"Sol en place 0-10 cm (5)	Indice de sélectivité (6)	Transport (7)	(8)				
	1/4	2/4	3/4	kg/ha/an	Teneurs %	Teneurs %	sous forme solide Susp+T. fond	à longue distance Ruiss.+Susp				
Matières organiques	3,12	32	4,33	45	2,17	23	9,62	8,18	2,72	3,0	77	68
Carbone	1,81	32	2,51	45	1,26	23	5,58	4,74	1,58	3,0	77	68
Azote	0,12	18	0,18	28	0,35	54	0,65	0,55	0,091	6,0	46	82
P. total	0,07	22	0,13	39	0,13	39	0,33	0,28	0,017	16,5	61	78
Bases échangeables												
Ca	0,16	17	0,01	0	0,80	83	0,97	0,825	0,064	12,9	17	83
Mg	0,01	4	0,01	4	0,20	92	0,22	0,187	0,013	14,4	8	96
K	0,02	3	0,01	2	0,60	95	0,63	0,536	0,011	48,7	5	97
Na	0,00	0	0,01	9	0,10	91	0,11	0,094	0,001	94	9	100
Bases totales												
Ca	0,27	24	0,07	6	0,80	70	1,14	0,969	0,132	7,3	30	76
Mg	0,06	19	0,05	16	0,20	65	0,31	0,264	0,068	3,9	35	81
K	0,22	22	0,18	18	0,60	60	1,00	0,850	0,084	10,1	40	78
Na	0,04	24	0,03	17	0,10	59	0,17	0,145	0,008	18,1	41	76
Triacide												
SiO ₂	7,74	46	8,78	53	0,19	1	16,71	14,2	9,8	1,4	99	54
Al ₂ O ₃	5,97	43	7,86	57	0,01	0	13,84	11,8	9,0	1,3	100	57
Fe ₂ O ₃	3,72	65	1,96	34	0,06	1	5,74	4,9	5,4	0,91	99	35
Texture												
argile	7,4	27	20,1	73	0		27,5	23,4	8,4	2,8	100	73
limon fin	6,0	43	8,0	57	0		14,0	11,9	4,8	2,5	100	57
limon grossier	14,3	69	6,4	31	0		20,7	17,6	7,9	2,2	100	31
sable fin	15,8	89	2,0	11	0		17,8	15,1	15,0	1	100	11
sable grossier	30,7	99	0,4	1	0		31,1	26,4	61,7	0,43	100	1
Erosion moyenne 71 à 73	T. fond= 77,5	Susp.= 40,1					E tot= 117,6kg/ha/an					

TABLEAU 45.6 - Pertes moyennes par érosion (kg/ha/an) sous une jeune jachère entièrement protégée pendant 3 ans en P₇
 - Saria, campagne 1971 à 73; pente = 0,7 %; sol ferrugineux tropical lessivé peu profond sur carapace -

SARIA, P ₇ ERLO	"Terre de fond (1)		Suspension (2)		Ruissellement (3)		" Erosion totale (4)		Sol en place (0-15 cm) (5)	Indice de sélectivité (6)	Transport (8)	
Moyenne 1971-73	" 1/4 %		" 2/4 %		" 3/4 %		kg/ha/an	teneurs %	teneurs %		sous forme solide % du total S+T.de fond	à longue distance = Ruiss.+Susp
Matières organiques	4,96	31	8,24	51	2,95	18	16,15	3,54	0,72	4,9	82	69
Carbone	2,88	27	4,79	54	1,71	19	9,38	2,06	0,42	4,9	81	73
Azote	0,13	9	0,41	30	0,85	61	1,39	0,30	0,03	10,1	39	91
P. total	0,06	14	0,13	31	0,23	55	0,42	0,092	0,08	1,2	45	86
Bases échangeables												
Ca	0,11	6	0,03	2	1,60	92	1,74	0,381	0,019	20,0	8	94
Mg	0,02	5	0,01	2	0,40	93	0,43	0,094	0,004	22,9	7	95
K	0,02	3	0,02	3	0,70	94	0,74	0,162	0,0008	202,5	6	97
Na	0,01	3	0,01	3	0,30	94	0,32	0,070	0,0009	350	6	97
Bases totales												
Ca	0,23	12	0,11	6	1,60	82	1,94	0,425	0,034	12,5	8	88
Mg	0,07	11	0,17	27	0,40	62	0,64	0,140	0,045	3,1	38	89
K	0,55	31	0,52	29	0,70	40	1,77	0,388	0,060	6,5	60	69
Na	0,09	19	0,08	17	0,30	64	0,47	0,103	0,0055	18,7	36	81
Triacide												
SiO ₂	15,23	37	25,35	61	0,83	2	41,41	9,1	7,3	1,2	98	61
Al ₂ O ₃	9,82	31	11,81	69	0,03	0	31,66	6,9	6,3	1,1	100	69
Fe ₂ O ₃	6,77	58	4,83	41	0,11	1	11,71	2,6	2,4	1,1	99	41
Texture												
argile	16,6	25	50,2	75	-	0	66,8	14,6	6,6	2,22	100	75
limon fin	11,8	39	18,6	61	-	0	30,4	6,7	6,9	0,97	100	61
limon grossier	60,3	76	19,1	24	-	0	79,4	17,4	19,5	0,89	100	24
sable fin	71,4	86	11,7	14	-	0	83,1	18,2	20,1	0,90	100	14
sable grossier	178,7	95	9,4	5	-	0	188,1	41,2	46,4	0,88	100	5
Erosion moyenne 71/73	338,5 kg/ha		117,9				456,4 kg/ha =		16,8t/ha/mm			
							0,0272 mm					

TABLEAU 45.7 - Pertes par érosion (kg/ha/an) sous une culture de sorgho billonnée dans le sens de la pente en P7.
 - Saria, moyenne des campagnes 1971 à 73; pente = 0,7%; sol ferrugineux tropical lessivé peu épais sur carapace.

	"Terre de fond		Suspension		Ruissellement		Erosion totale		Sol en place (0-15cm)	Indice de sélectivité	Transport	
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	(6)	(7)	(8)
	kg/ha/an	1/4 %	kg/ha/an	2/4 %	kg/ha/an	3/4 %	kg/ha/an	% teneur	Teneurs %		sous forme solide S + T. fond	à longue distance Susp.+Ruiss.
Matières organiques	18,92	15	98,06	79	5,72	5	122,70	3,25	0,81	4,0	95	84
Carbone	9,49	14	56,98	81	3,32	5	69,79	1,9	0,47	3,9	95	86
Azote	0,83	9	5,22	60	2,73	31	8,78	0,23	0,058	4,0	69	91
P total	0,44	11	2,50	60	1,21	29	4,15	0,011	0,063	1,7	71	89
Bases échangeables												
Ca	0,69	8	1,19	15	6,40	77	8,28	0,220	0,0172	12,8	23	92
Mg	0,10	3	0,32	11	2,50	86	2,92	0,077	0,0046	16,7	14	97
K	0,19	3	0,19	3	6,30	94	6,68	0,177	0,0046	38,5	6	97
Na	0,01	1	0,05	6	0,80	93	0,86	0,023	0,0003	76,7	7	99
Bases totales												
Ca	0,86	9	2,33	24	6,40	67	9,58	0,254	0,0650	3,9	33	91
Mg	0,45	6	4,02	58	2,50	36	6,97	0,185	0,0261	7,1	64	94
K	4,07	17	13,00	56	6,30	27	23,37	0,620	0,0597	10,4	73	83
Na	0,54	17	1,75	57	0,80	26	3,09	0,082	0,0055	14,9	74	83
Triacide												
SiO ₂	82,56	11	685,54	88	4,18	1	772,3	20,48	7,3	2,8	99	89
Al ₂ O ₃	54,04	9	547,07	91	0,79	0	601,9	15,96	6,3	2,5	100	91
Fe ₂ O ₃	24,02	18	111,23	82	0,61	0	135,9	3,60	2,4	1,5	100	82
Texture												
argile	123,1	8	1507,3	92	0		1630,4	43,2	6,6	6,5	100	92
limons fins	117,1	18	535,7	82	0		652,8	17,3	6,9	2,5	100	82
limons grossiers	337,7	76	104,4	24	0		442,1	11,7	19,5	0,6	100	24
sables fins	282,2	93	20,2	7	0		302,4	8,0	20,1	0,40	100	7
sables grossiers	639,4	97	18,2	3	0		657,6	17,4	46,9	0,37	100	3
Quantités moyennes de 1971 à 73	"T.de fond = 1501 kg/ha/an		!Suspension = 2270 kg/ha		R = 144,2 mm		"E = 3771kg/ha/ah		" = 0,2245 mm			

TABLEAU 45.8 - Pertes par érosion (kg/ha/an) d'une parcelle nue travaillée de référence.

- Saria; moyenne des campagnes 1971 à 73. Sol ferrugineux lessivé sur carapace (P7) : pente 0,7 %

	"Terre de fond		Suspension		Ruissellement		Erosion totale		Sol en place (0-15 cm)	Indice de sélectivité	Transport	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	1/4 %	2/4	3/4	kg/ha/an	%	Teneurs %	sous forme solide	à longue distance			Susp.+T. fond	Ruiss.+Susp
Matières organiques	38,53	23	118,35	70	13,32	7	170,20	1,96	0,81	2,4	93	77
Carbone	22,36	23	68,69	70	7,73	7	98,78	1,14	0,47	2,4	93	77
Azote	1,64	14	5,61	48	4,40	38	11,65	0,13	0,058	2,3	62	86
P. total	0,79	19	2,25	53	1,17	28	4,21	0,049	0,063	0,77	72	81
Bases échangeables												
Ca	1,54	14	1,39	13	8,10	73	11,03	0,1273	0,0172	7,4	27	86
Mg	0,23	8	0,33	12	2,30	80	2,86	0,0330	0,0046	7,2	20	92
K	0,23	6	0,35	10	3,00	84	3,58	0,0413	0,0046	9,0	16	94
Na	0,01	1	0,04	3	1,10	96	1,15	0,0133	0,0003	44,3	4	99
Bases totales												
Ca	2,17	17	2,84	22	8,10	61	13,11	0,1514	0,0650	2,3	39	83
Mg	1,26	14	5,24	60	2,30	26	8,80	0,1016	0,0261	3,9	74	86
K	13,28	34	22,94	58	3,00	8	39,22	0,4528	0,0597	7,6	92	66
Na	1,76	30	3,01	51	1,10	19	5,87	0,0678	0,0055	12,3	81	70
Triacide												
SiO ₂	304,5	24	952,4	75	8,47	1	1265,4	14,6	7,3	2,0	99	76
Al ₂ O ₃	186,3	19	768,1	80	1,98	1	956,4	11,0	6,3	1,8	99	81
Fe ₂ O ₃	78,5	32	164,3	67	0,92	1	243,7	2,81	2,4	1,2	99	68
Texture												
argile	710,4	26	2053,2	74	0	0	2763,6	31,9	6,6	4,8	100	74
limon. fins	357,7	27	945,4	73	-	0	1303,1	15,0	6,9	2,2	100	73
limon. grossiers	869,4	63	505,9	37	-	0	1375,3	15,9	19,5	0,81	100	37
sables fins	899,2	76	284,3	14	-	0	1183,5	13,7	20,1	0,68	100	14
sables grossiers	2101,5	99	22,2	1	-	-	2123,7	24,5	46,9	0,52	100	1
Quantités moyennes de 1971 à 73	"T. de fond = 4969 kg/ha/an		Suspension = 3693 kg/ha/an		Ruiss.= 264 mm		"E total = 8662 kg/ha/an					

46. Les mobilisations par la végétation.

Chaque année on a cherché à estimer la production de matières sèches et les mobilisations minérales par les jachères étudiées et la culture du sorgho S29.

46.1. Pour évaluer la production de paille d'une jachère jeune (P7) et d'une vieille jachère (Protection) on a fauché systématiquement 3 à 6 placeaux de 4 m² en pleine saison sèche. Pour vérifier les ordres de grandeur on a procédé de même sur l'ensemble (250 m²) des deux parcelles ERLO en mai 1974.

TABLEAU 46.1 - Production de paille par les herbes des jachères: matières sèches en kg/ha/an.

Prélèvement	Sur 4 m ²			Sur ERLO 250 m ²		
	2/72	5/73	5/74	5/74		
P7	extrêmes	-	2.019 à 3.563	3.420 à 5.630	litière	670
	moyen	2.450	2.660	4.040	herbe sur pied	<u>2.730</u>
					Total	3.400
Prot.	extrêmes	-	8.075 à 10.450	6.780 à 12.840	Litière	2.324
	moyen	3.320	9.092	9.650	Herbe sur pied	<u>5.076</u>
					Total	7.300

Au tableau 46.1 on peut constater que le poids de matières organiques sèches augmente d'année en année de 2.450 à 4.040 kg/ha en P7 tandis qu'il se stabilise dès la seconde année en protection (3.320 à 9.650 kg/ha).

Lorsqu'on a fauché les cases ERLO, on a laissé sur pied tous les arbustes si bien que les quantités d'herbe observées y sont 20 à 30 % inférieures à celles qu'on a trouvé en moyenne sur les placeaux de 4 m². De plus on y a séparé la litière des herbes produites dans l'année 1973 ; on observe que 70 à 80 % seulement des matières organiques en fin de saison sèche sont des herbes produites dans l'année. La persistance des litières de paille à la surface du sol semble donc nettement plus grande dans ces zones sèches que celle des litières de feuilles en zone forestière humide.

En tenant compte de ces résultats on peut estimer la production annuelle de matière sèche par les herbes à 2.700 kg/ha dans le cas de la jeune jachère (P7) et à 5.100 kg/ha pour la vieille jachère. Il faudrait encore ajouter les feuilles et les branches mortes qui tombent des arbres et arbustes pour se faire une idée exacte de la productivité de ce milieu.

462. Les teneurs en divers éléments sont rassemblés ci-dessous.

TABLEAU 46.2 - Teneur (en %) de différents éléments dans les pailles récoltées sur deux jachères de Saria :
Campagnes 1971 à 1973

		N	P	K	Ca	Mg	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₄	Cendres
P ₇ herbes	1971	0,24	0,026	0,36	0,34	0,157	2,3	0,06	0,15	0,030	5,20
	72	0,15	0,017	0,13	0,32	0,090	1,33	0,07	0,17	0,013	5,46
	73	<u>0,12</u>	<u>0,020</u>	<u>0,17</u>	<u>0,37</u>	<u>0,080</u>	<u>0,5</u>	<u>0,15</u>	<u>0,14</u>		<u>4,07</u>
	Retenu	0,20	0,020	0,30	0,35	0,100	1,5	0,10	0,15	0,03	5,3
Protection herbes	1971	0,34	0,120	0,67	0,26	0,134	2,4	0,10	0,18	0,030	5,91
	72	0,15	0,076	0,26	0,26	0,080	0,48	0,06	0,14	0,028	3,19
	73	<u>0,16</u>	<u>0,064</u>	<u>0,23</u>	<u>0,36</u>	<u>0,080</u>	<u>1,31</u>	<u>0,24</u>	<u>0,12</u>		<u>7,19</u>
	Retenu	0,25	0,100	0,60	0,30	0,100	1,5	0,15	0,15	0,03	6,5
Prot. Feuilles karité 1973		0,60	0,124	0,50	1,49	0,31	0,04	0,11	0,61		6,14

En 1971 les analyses furent effectuées au Laboratoire d'Agronomie de l'IRAT à Nogent et au Laboratoire Central d'Analyse de l'ORSTOM à Adiopodoumé : les résultats sont voisins. Pour les campagnes 1972 et 73, nous ne disposons que des résultats de l'ORSTOM.

On constate au tableau 46.2 que les teneurs en N - P - K - Mg - SiO₂ et SO₄ de la 1ère campagne sont nettement supérieures à celles des années suivantes. Ceci pourrait s'expliquer du fait de la date de fauche des pailles qui se situe en février 1972 et en mai 1973 et 74 : les pailles de ces deux derniers échantillons ont déjà été lixiviées par les premières averses de l'année suivante. Par prudence, nous avons donc retenu comme valeur moyenne des teneurs assez voisines de celles de 1971.

D'une parcelle à l'autre les teneurs varient peu sauf en ce qui concerne le phosphore (0,02 et 0,10) et la potasse (0,3 et 0,6).

Les teneurs des feuilles de Karité semblent en général plus élevées que celles des herbes sauf pour le Magnésium, la Silice et le Fer.

463. La mobilisation minérale moyenne (kg/ha/an) par les parties aériennes des herbes croissant chaque année dans le cas d'une jeune (P7) et d'une vieille (Prot.) jachère à Saria est résumé au tableau 46.3 ci-dessous.

TABLEAU 46.3		N	P	K	Ca	Mg	SO ₄	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
P7	: 2700 kg/ha M.S. herbe moyenne	5,4	0,54	8,1	9,5	2,7	0,8	40,5	2,7	4,1
Prot.	5100 kg/ha M.S. herbe haute	12,8	5,1	30,6	15,3	5,1	1,5	76,5	7,7	7,7
	Karité									

Les quantités d'éléments minéraux mises en jeu sont faibles (excepté peut être le potassium et la silice) ce qui reflète bien la pauvreté chimique de ces sols.

464. Le feu de brousse annuel qui est de règle dans la région, entraîne évidemment une minéralisation brutale d'une grosse partie des éléments comptabilisés au tableau 46.3. Pour l'évaluer, on a procédé sur le terrain à un brûlage puis à l'analyse d'une partie des échantillons récoltés en 1971 et 1972. On peut en tirer les conclusions suivantes :

- 1) tout le carbone ne s'échappe pas sous forme gazeuse : il en reste 5 à 10 % de non brûlé mais cette proportion dépend essentiellement de la vitesse avec laquelle le feu est passé et de l'humidité des pailles (les feux hâtifs sont moins destructeurs que les feux tardifs) ;
- 2) tout l'azote n'est pas perdue: on peut en retrouver environ 20 % dans les débris mal brûlés ;
- 3) on perd aussi 70 à 80 % du soufre mobilisé par les pailles;
- 4) les minéraux non volatilisables sont cependant souvent dispersés par le vent ou lixiviés par les premières pluies: une fraction peut être récupérée lors de ces mêmes pluies (voir § 42).

465. Les exportations par la récolte (grain et paille) de sorgho sont résumées au tableau 46.5.

TABLEAU 46.5	en P7					" Exportation totale pour 1500 kg de grains (ARRIVETS; 1973)	Protection 1972		
	1971 grain	" grain+ paille	1972 grain	1972 paille	Total		grain	paille	Total
N	17,3	42,0	29,0	21,0	50	52,5	16,4	14,0	30,4
P	1,4	5,7	3,7	10,2	13,9	3,9 (9 de P ₂ O ₅)	0,4	2,6	3
K	5,3	51,9	3,8	82,3	86,1	44,8 (54 K ₂ O)	2,8	65,1	67,9
Ca	0,3	2,5	0,1	16,8	16,9	7,5 (10,5 Ca O)	0,1	12,6	12,7
Mg	1,8	6,4	1,7	5,0	6,7	6,4 (10,5 Mg O)	1,2	7,0	8,2

On ne dispose que des analyses de 1971 (voir ARRIVETS, ROOSE, CARLIER, 1973) et de 1972 des parcelles SDVA et PDVA. A titre de comparaison on a indiqué l'exportation moyenne du sorgho en pays Mossi pour un niveau de production de 1500 kg/ha/an (ARRIVETS ; 1973).

On peut en conclure que l'immobilisation dans les grains est très faible mais que celle des pailles est beaucoup plus forte (donc problème de l'utilisation des résidus de récolte). La mobilisation totale est aussi plus forte que dans le cas d'une jachère jeune en particulier pour l'azote, le phosphore et surtout la potasse : ce n'est plus vrai si, sur le sol gravillonnaire de la parcelle de Protection, on compare la vieille jachère et le maigre champ de sorgho.

466. Discussion.

La place dans le bilan (apport, perte ou immobilisation) des éléments minéraux "mobilisés" ou "immobilisés" par la récolte et les pailles est discutable en fonction des points de vue. On considérera ici l'évolution des horizons superficiels du sol les plus exploités par les racines des plantes cultivées (les 50 premiers centimètres).

TABLEAU 47.1 - Bilan moyen pour les campagnes 1971 à 73 de quelques éléments chimiques à la surface des sols ferrugineux tropicaux peu profonds sur carapace de Saria (Haute-Volta)

- 1) Parcelles Protection vieille jachère (P.V.J.) et ³⁾sorgho (P. sorgho)
 2) Parcelle 7 Jeune jachère (7. J.J.) et ⁴⁾sorgho (7. Sorgho).

	Traite- ment	A P P O R T S			P E R T E S				Mobi- lisation Plante	Stock 10 cm sol kg/ha/10cm
		en- grais	Pluie	Total	Ero- sion	Drain- nage 71-73 mini.	Expor- tation	Total		
C	P.V.Jach.	0	9,5	9,5	5,6	3,5	0	-	2.295	16.124
	7.J.Jach.	0	9,5	9,5	9,4	1,1	0	-	1.215	6.948
	P. sorgho	0	9,5	9,5	-	1,4	-	-	-	16.124
	7. sorgho	0	9,5	9,5	69,8	0,2	-	-	-	6.948
N	P.V.Jach.	0	4,7	4,7	0,7	7,4	0	-	12,8	1.256
	7.J.Jach.	0	4,7	4,7	1,4	2,3	0	-	5,4	739
	P Sorgho	87	4,7	91,7	-	1,9	16,4	-	30,4	1.256
	7. Sorgho	87	4,7	91,7	8,8	1,0	23,2	-	46,0	739
P	P.V.Jach.	0	2,1	2,1	0,3	0,1	0	-	5,1	278
	7.J.Jach.	0	2,1	2,1	0,4	0,1	0	-	0,5	40
	P. sorgho	10,9	2,1	13,0	-	0,1	0,4	-	3,0	278
	7. sorgho	10,9	2,1	13,0	4,2	0	2,6	-	9,8	40
K	P.V.Jach.	0	2,9	2,9	1,0	9,5	0	-	30,6	1.667
	7.J.Jach.	0	2,9	2,9	1,8	3,2	0	-	8,1	1.227
	P. sorgho	49,8	2,9	52,7	-	5,1	2,8	-	68	1.667
	7. sorgho	49,8	2,9	52,7	23,4	0,5	4,6	-	69	1.227
Ca	P.V.Jach.	0	15,5	15,5	1,1	55,8	0	-	15,3	120
	7.J.Jach.	0	15,5	15,5	1,9	9,6	0	-	9,5	106
	P. sorgho	0	15,5	15,5	-	15,5	0,1	-	13	120
	7. sorgho	0	15,5	15,5	9,6	1,8	0,2	-	17	106
Mg	P.V.Jach.	0	2,7	2,7	0,3	12,9	0	-	5,1	4.324
	7.J.Jach.	0	2,7	2,7	0,6	3,1	0	-	2,7	2.575
	P. sorgho	0	2,7	2,7	-	4,5	1,2	-	8,2	4.324
	7. sorgho	0	2,7	2,7	7,0	0,5	1,8	-	6,6	2.575
SiO ₂	P.V.Jach.	0	5,6	5,6	16,7	27,3	0	-	76,5	164.100
	7.J.Jach.	0	5,6	5,6	41,4	17,8	0	-	40,5	107.900
	P. sorgho	0	5,6	5,6	-	9,5	-	-	-	164.100
	7. sorgho	0	5,6	5,6	772,3	2,2	-	-	-	107.900
Al ₂ O ₃	P.V.Jach.	0	0,3	0,3	13,8	0,1	0	-	7,7	150.700
	7.J.Jach.	0	0,3	0,3	31,7	0,1	0	-	2,7	93.100
	P.ésorgho	0	0,3	0,3	-	0,1	-	-	-	150.700
	7. sorgho	0	0,3	0,3	601,9	0	-	-	-	93.100
Fe ₂ O ₃	P.V.Jach.	0	0,3	0,3	5,7	0,1	0	-	7,7	90.100
	7.J.Jach.	0	0,3	0,3	11,7	0,1	0	-	4,1	34.700
	P. sorgho	0	0,3	0,3	-	0,1	-	-	-	90.100
	7. sorgho	0	0,3	0,3	135,9	0	-	-	-	34.700

En ce qui concerne la culture du sorgho on parlera d'immobilisation durant la croissance mais d'exportation (donc perte) après la récolte des grains et des pailles.

Dans le cas d'une jachère herbacée exploitée (broutage, toit des cases et canis) il s'agit aussi d'une perte pour les horizons superficiels. Par contre si les herbes restent en place et forment une litière ou brûlent, une fraction variable des éléments retournent au sol : on parlera du turn-over. Si la litière provient en partie des arbres (comme c'est le cas en protection), une fraction des éléments minéraux provient des horizons profonds et on assiste à une concentration des matières organiques et minérales dans l'horizon superficiel du sol.

47. Schéma de bilan chimique.

On a rassemblé au tableau 47.1 les valeurs des apports en éléments par les engrais et les pluies, les pertes par érosion, drainage et exportation, les mobilisations par le couvert végétal et le stock des dix premiers centimètres du sol, ceci dans le but de discuter du bilan moyen observé durant les campagnes 1971 à 73 à la Station de Saria pour une vieille jachère et une culture de sorgho sur un sol gravillonnaire, ainsi qu'une jeune jachère et une culture de sorgho sur un sol ferrugineux tropical lessivé peu profond sur carapace.

En général ces deux types de sol réagissent différemment: les migrations par les eaux de drainage sont plus fortes sur le sol gravillonnaire mais les pertes par érosion de surface sont plus élevées sur le sol ferrugineux comportant 50 cm de terre fine avant la carapace. Au niveau des pertes il y a donc une compensation.

On passera en revue les divers éléments étudiés et les possibilités de migration ou de stockage en fonction de la couverture végétale (jachère ou sorgho fertilisé) en considérant l'évolution probable (moyenne 1971 à 1973) de l'horizon superficiel du sol (10 cm).

Le Carbone.

- Apport = 10 kg/ha/an
- Pertes = 10 kg pour la jachère et 70 kg/ha/an pour le sorgho.
- Mobilisation par le couvert = 1200 à 2300 kg pour la jachère et probablement autant pour le sorgho.
- Stock du sol = 7000 à 16.000 kg/ha/10 cm.

Si les pertes par drainage et érosion (faibles) sont compensées par les apports par les eaux de pluie, on voit toute l'importance de l'utilisation des pailles (jachère ou résidu de récolte de sorgho) qui représente chaque année 1/5 à 1/8 du stock du sol sur 10 cm encore que le coefficient d'humification soit probablement assez faible. Les pratiques du feu de brousse annuel et de l'utilisation artisanale ou domestique des pailles (sorgho et Andropogon) ont évidemment un effet dépressif sur les taux de carbone et d'azote du sol qui sont 4 à 8 fois plus faibles sous savane que sous forêt.

L'azote.

- Apport : 5 kg sous jachère et 92 kg/ha/an sous sorgho.
- Pertes : 4 à 10 kg/ha/an (faible)
- Mobilisation par le couvert : 5 à 13 kg par la jachère et 30 à 50 kg par le sorgho.
- Stock du sol : 700 à 1200 kg/ha/10 cm.

On remarque que les éléments du bilan sont négligeables par rapport au stock du sol et pourtant les cultures réagissent très vivement à la fumure azotée. En effet l'azote du sol est liée aux matières organiques (C/N = 8 à 12) et les engrais azotés profitent à la culture puisque les pertes sont négligeables par érosion et drainage.

Le Phosphore.

- Apport = 3 kg sous jachère et 13 kg/ha/an de P sous culture.
- Pertes = 1 à 5 kg par érosion.
- Mobilisation par les végétaux = 3 à 10 kg/ha/an.
- Stock de phosphore total du sol = 40 à 280 kg/ha/10 cm de P.

S'il ne manque pas de phosphore total on sait que celui-ci est insolubilisé par le fer et l'alumine libre du sol si bien que les cultures réagissent très vivement aux apports de phosphore assimilable. (carence n° 2 sur sol ferrugineux).

Le Potassium.

- Apport = 3 kg sur jachère et 53 kg/ha/an sur sorgho.
- Pertes = 5 à 10 kg sous jachère et 25 kg/ha/an de K sous sorgho : les pertes par érosion sous sorgho de K total ne sont pas négligeables.
- Mobilisation par les plantes = 8 à 30 kg par la jachère et 70 kg/ha/an par le sorgho : la majorité du K se trouve dans les pailles du sorgho.
- Stock du sol = 1200 à 1700 kg/ha/10 cm de K total mais probablement assez peu de K échangeable cependant on sait qu'il y a des échanges très actifs entre K total et K échangeable du sol.

Ceci explique que les carences en potasse (n° 3) n'apparaissent qu'au bout de 4 à 8 ans de culture intensive. Les pertes par drainage étant faibles et les pertes par érosion facilement maîtrisables, il n'est pas utopique sous ce climat de chercher à maintenir le stock de potassium du sol par de faibles doses d'apports annuels.

Le Calcium.

- Apport = 15 kg/ha/an
- Pertes = 1 à 10 kg par érosion mais 10 à 56 kg/ha/an par drainage.
- Mobilisation par les plantes = 10 à 20 kg/ha/an.
- Stock du sol = 100 à 120 kg/ha/an de Ca total (= très faible); environ 50 % de Ca échangeable.

On constate que malgré de faibles teneurs en calcium du sol, les teneurs en Ca des eaux de drainage sont élevées et les pertes par lixiviation non négligeables sur sol gravillonnaire perméable. D'où des problèmes d'acidification du sol à long terme difficiles à résoudre car le calcium des eaux de drainage n'est pas fixé par le complexe absorbant pourtant loin d'être saturé. Ce problème pourrait être résolu en limitant l'usage des engrais acidifiants et par des apports de calcium peu soluble (phosphates tricalciques par exemple). Cependant jusqu'ici on n'a pas observé de réponse des céréales au calcium.

Le Magnésium.

- Apport = 3 kg/ha/an
- Pertes = 4 à 13 kg/ha/an dont 7 kg due à l'érosion sous sorgho - (donc faible en général).
- Mobilisation par les plantes = 3 à 9 kg/ha/an
- Stock du sol = 2.600 à 4.300 kg/ha/10 cm de Mg total dont 10 % de Mg échangeable.

Le sol semble bien pourvu et les céréales ne réagissent pas aux apports de magnésium. C'est peut être à cause de la richesse du sol en magnésium (et potassium) que le pH du sol n'est pas excessivement acide.

La Silice.

- Apport = 6 kg/ha/an
- Pertes = $\left\{ \begin{array}{l} 17 \text{ à } 770 \text{ kg/ha/an par érosion (fonction des pertes en} \\ \text{terre),} \\ 2 \text{ à } 27 \text{ kg/ha/an par drainage (donc fortes teneurs).} \end{array} \right.$
- Mobilisation par les plantes = 40 à 80 kg/ha/an par la jachère (herbes très coupantes) et sans doute ou peu moins par le sorgho.
- Stock du sol = 100 à 170 t/ha/10 cm en fonction du taux d'argile.

On constate donc une forte potentialité de migration horizontale à la surface du sol (érosion sélective) et une certaine potentialité de migration verticale (drainage sur sol perméable) mais qui peut rarement s'exprimer à cause du colmatage et de l'encroûtement de la surface du sol.

L'Alumine.

- Apport = 0,3 kg/ha/an de Al_2O_3
- Pertes $\left\{ \begin{array}{l} \text{par drainage} = \text{nulles} \\ \text{par érosion} = 14 \text{ à } 600 \text{ kg/ha/an en fonction des pertes} \\ \text{en terre.} \end{array} \right.$
- Immobilisation par les végétaux = 3 à 8 kg/ha/an par la jachère.
- Stock du sol = 93 à 150.000 kg/ha/10 cm.

Les migrations d'alumine dans ces sols sont étroitement liées aux mouvements des terres fines : ce sont donc des migrations horizontales à la surface du sol par érosion sélective des argiles.

Le Fer.

- Apport = 0,3 kg/ha/an de Fe_2O_3 .
- Pertes par drainage = nulles
- } par érosion 6 à 136 kg/ha/an liées aux migrations de terres.
- Mobilisation par les végétaux : 4 à 8 kg/ha/an sous jachère.
- Stock du sol = 35 à 90 tonnes/ha/10 cm.

La migration du fer à la surface du sol est liée à celles des terres érodées. Cependant les teneurs en fer sont nettement plus faibles qu'en silice et alumine ce qui peut s'interpréter par le fait que l'horizon superficiel est déjà lessivé ou plus probablement déjà appauvri à moins qu'il s'agisse tout simplement d'une succession d'horizons allogènes appauvris en surface dans un second cycle pédogénétique.

48. Conclusion sur les bilans.

481. Les éléments nutritifs.

Sous jachère les apports par les pluies et les pertes par érosion et drainage sont faibles et à peu près équilibrés. Le niveau de carbone, azote et bases du sol est cependant très bas à cause de la fréquence annuelle des feux de brousse et/ou de l'exportation des pailles (pâturage ou usage domestique). La protection intégrale des jachères pendant 3 ou 4 ans transforme radicalement le milieu : accumulation d'un mulch, augmentation de l'infiltration et reconstitution du stock organique et minéral assimilable du sol.

Sous sorgho les faibles teneurs en azote et phosphore assimilable du sol peuvent être aisément corrigées (90 kg de N et 50 de P_2O_5). Les pertes par drainage et érosion sont faibles (sauf pour le potassium (23 kg/ha/an) lorsque les migrations de terre sont élevées) d'autant plus que l'érosion peut être facilement maîtrisée.

La nutrition minérale se trouve cependant compliquée du fait de l'exportation presque complète des pailles (utilisation domestique et artisanale) où se trouvent 70 kg de potassium.

Le problème de l'utilisation des résidus de culture se pose donc aux niveaux de l'érosion, de l'infiltration de l'eau et de la nutrition minérale : il est fondamental d'y apporter une solution qui tienne compte à la fois des moyens mécaniques très limités des paysans, de l'équilibre du sol et de la nutrition hydrique et minérale des plantes.

Enfin, il convient de souligner qu'en raison du niveau très faible de l'érosion et du drainage il est possible de constituer des réserves minérales dans le sol sans trop de risques de perte par lixiviation.

482. Silice, Alumine et Fer.

On a observé que les migrations de silice, alumine et fer sont liées à celles des terres et en particulier des particules fines : elles sont très actives à la surface des sols nus ou cultivés sans soucis de protection antiérosive. Par contre le drainage réel des eaux libres au-delà de 50 cm est peu élevé et diminue encore en profondeur.

AUDRY (1967) a interprété l'augmentation des teneurs en argile de certains sols ferrugineux (à mesure qu'on descend dans le profil jusqu'à l'horizon B) comme étant la manifestation d'un lessivage d'autant plus intense que la fréquence du passage du front d'eau est élevée.

Nos résultats soulignent la possibilité d'une seconde interprétation selon laquelle l'érosion sélective des particules fines, très active sur ces paysages à faible pente, entraînerait l'appauvrissement de l'horizon superficiel, la transmission en profondeur de cet appauvrissement est assurée par les agents d'homogénéisation (vers de terre, termites, labour, etc..).

Au niveau de la nappe phréatique par contre, on peut observer des migrations d'argile (horizontales ou obliques) très actives (eau laiteuse en permanence) sous la cuirasse dans l'horizon bariolé à taches blanches dont la porosité est limitée mais constituée en grosse partie de mégapores dépassant 5 millimètres de diamètre.

CHAPITRE 5 - CONCLUSIONS GENERALES

=====

Durant ces trois années, un très grand nombre de mesures ont été effectuées sur deux sols ferrugineux tropicaux peu profonds sur carapace en vue de caractériser le milieu physique et chimique ainsi que l'intensité des facteurs pédogénétiques.

Les pluies ont été déficitaires (100 à 200 mm sur 830mm de pluviosité annuelle moyenne) ce qui n'entraîne pas nécessairement moins d'érosion ou de drainage qu'en année "normale" car ces phénomènes dépendent surtout de la répartition des épisodes pluvieux. Or en juillet 1973 on a enregistré une pluie décennale et une séquence très humide.

En première année par contre les résultats sont discutables à cause des perturbations provenant d'une implantation tardive (fin juin) et des effets de bordure sensibles sur les parcelles bien protégées (jachères).

Le ruissellement est très intense sur les champs peu couverts ($K_p = 30$ à 40 % en moyenne annuelle et jusqu'à 70 % pour certaines pluies) qui s'encroûtent aisément mais il est fort réduit si le couvert végétal intercepte l'énergie des pluies.

L'érosion en nappe sur les faibles pentes qui caractérisent le plateau mossi est somme toute assez réduite (8 t/ha sur sol nu, 4 tonnes sous sorgho, 0,1 à 0,5 t/ha/an sous jachère) mais très sélective vis à vis des éléments qui constituent la fertilité des sols (réserve hydrique et minérale).

La détermination des différents indices de l'équation de prévision de l'érosion (WISCHMEIER, 1962) montre que le sol en lui-même est moins fragile ($K = 0,10$ à $0,20$) que prévu par les abaques mais que l'agressivité des pluies (R annuel moyen = 450) est plus forte qu'en climat méditerranéen mais moins forte qu'en région tropicale humide. (R Abidjan = ± 1000).

Par conséquent les techniques antiérosives pourraient être réduites à la culture en courbe de niveau avec billons enherbés isohypses tous les 50 centimètres de dénivellée, usage au champ des résidus de culture (mulch ou brûlis sur place après les premières pluies) et labour profond : il s'agit surtout de retenir les eaux de pluie sur place et de favoriser la précocité et la densité de la végétation.

Le drainage est très limité et les risques de lixiviation des éléments nutritifs sont faibles.

L'étude du bilan hydrique met en évidence un fort déficit hydrique en début et fin de saison humide tout au moins pour les trois années étudiées. Il semble que la somme du ruissellement et du drainage soit assez constante ce qui entrainerait l'augmentation des risques de lixiviation en cas d'aménagement antiérosif. à moins qu'on favorise l'évapotranspiration par l'intensification de la culture.

Les pertes par lixiviation et érosion (à part le potassium qui peut atteindre 25 kg/ha/an de K sous sorgho) étant réduites on peut raisonnablement constituer des stocks d'éléments nutritifs dans le sol : les engrais sont très vite immobilisés par la culture.

Du point de vue agronomique se pose avec acuité le problème de l'utilisation au champ des résidus de culture tant sur le plan de la nutrition minérale que sur celui du bilan hydrique et des propriétés physiques liées au taux de matières organiques du sol.

Du point de vue pédologique on peut interpréter la décroissance des teneurs en particules fines (0 à 20 microns) à mesure qu'on s'approche de la surface du sol comme l'effet d'un lessivage par passage plus fréquent du front d'humidité en surface (AUDRY, 1967) ou comme un appauvrissement par érosion en nappe particulièrement sélective dans ces paysages peu pentus (ROOSE, BIROT, 1970) reste à définir la vitesse d'action de ces deux moteurs pédogénétiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ARRIVETS (J.) - 1973 - Contribution à l'étude de la fertilisation des sorghos locaux sur les sols ferrugineux tropicaux du Plateau Mossi.
Compte rendu de 4 années d'expérimentation à la station de Saria (Haute-Volta : 1968-1971)
IRAT/Haute-Volta, 67 p., dactyl. tabl., fig., 40 réf.
- ARRIVETS (J.), ROOSE (E.), CARLIER (P.) - 1973 - Etude du ruissellement, du drainage et de l'érosion sur des sols ferrugineux de la région Centre Haute-Volta. Station de Saria. Dispositif d'étude et premiers résultats (1971).
IRAT/ORSTOM, s.l., 1973, 2 vol., 85-88, multigr., tabl., graph., fig.
- AUDRY (P.) - 1967 - "Observations sur le régime hydrique comparé d'un sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sous savane et sous culture (arachide et pénicillaire)".
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux,
Tananarive : 19-25/11/67 : Communication n° 129 ;
Tome II, p. 1591-1614 ; 10 figures, 16 réf.
- BRUNET-MORET (Y.) - 1963 - Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale : République de Haute-Volta.
Rapport multigr., ORSTOM, Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques : 23 p., 16 graph., 2 tabl.

- BRUNET-MORET (Y.) - 1965 - Influence du corps de l'averse sur le ruissellement d'un petit bassin (Bassin du petit Boundjouk).
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., 3, p. 3-32.
- BRUNET-MORET (Y.) - 1967 - "Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale: République de Côte d'Ivoire".
Rapport ORSTOM - Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques, multigr., juin 1967, 20 p., 11 graph.
- CHARREAU (C.) - 1970 - L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences économiques.
Tome I - IRAT/Bambey, 62 p., multigr., fig., tabl., réf.
- COTTE (A.) - 1972 - Tableaux climatologiques (période 1961-1970).
ASECNA, Ouagadougou, 41 p., multigr.
- C T F T - 1966 - "L'équation universelle de perte de sols de WISCHMEIER".
Rapport multigr., CTFT, Madagascar, 15 p., 1 tabl., 6 réf.
- C T F T - 1973 - Défense et restauration des sols. Gampela 1972.
CTFT/Ministère Agriculture de Haute-Volta, Ouagadougou, 59 p., multigr., tabl., graph.
- C T F T - 1974 - Rapport annuel 1973 Haute-Volta.
Rapport multigr., CTFT/H.V., Ouagadougou, 56 p., tabl., fig.
- DAGNELIE (P.) - 1969 - "Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques".
Vol. 1, 378 p.
Vol. 2, 451 p.
Ed. J. DUCULOT SA, Gembloux.

- DUMAS (J.) - 1965 - Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques.
Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 3, 4 pp., 307-333.
- GALABERT (J.), MILLOGO (E.) - 1973 - Indice d'érosion par la pluie en Haute-Volta.
CTFT - Ministère de l'Agriculture, Ouagadougou, 57 p., multigr., tabl., fig., 5 réf.
- I R A T/COTE D'IVOIRE - 1974 - Commission des programmes IRAT
11 avril 1974.
IRAT-Min. Rech. Scientif. C.I., 91 p., multigr.
- KALMAN (R.) - 1967 - Le facteur climatique de l'érosion dans le bassin du Sébou (Maroc). Rapport provisoire.
Projet Sebou, 1967, 32 p., multigr., tabl., fig., 1 carte h.t.
- MASSON (J.M.) - 1971 - L'érosion des sols par l'eau en climat méditerranéen. Méthodes expérimentales pour l'étude des quantités érodées à l'échelle du champ.
Thèse Docteur-Ing. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. CNRS, n° AO 5445, 213 p.
- MASSON (J.M.) et KAIMS (J.M.) - 1971 - Analyse et synthèse des facteurs de l'érosion sur le bassin versant de la TET à Vinga. (P.O.).
Rapport EDF-D.D.A. Pyrénées Orientales. Lab. Hydrologie Université Montpellier - 90 p., multigr.
- MOLINIER (M.) - 1971 - Etude du ruissellement sur le bassin versant de Korhogo. Campagne 1968 - 1969 - 1970.
Adiopodoumé, ORSTOM, 1971. - rapport multigr., 60 p., + ann., 28 graph., tabl.

- PERRAUD (A.), ROOSE (E.J.) - 1972 - Nature des composés humiques des eaux de ruissellement et de drainage et essai d'évaluation des migrations des matières organiques sous végétation naturelle. Contribution à l'étude de la pédogénèse actuelle en région tropicale.
ORSTOM, Abidjan, 9 p., multigr., fig., tabl., 9 réf.
Projet de communication au Congrès de Science du Sol de Moscou, août 1974.
- ROOSE (E.J.) et JADIN (P.) - 1969 - "Erosion, ruissellement et drainage oblique sur un sol à cacao en moyenne Côte d'Ivoire : station IFCC près de Divo.
I. Milieu, dispositif et résultats des campagnes 1967-1968".
2 vol. : 72 + 80 p., multigr.
Rapport multigr., ORSTOM-IFCC, Abidjan, 77 p., 23 tabl., 15 fig., 154 réf.
- ROOSE (E.J.) et coll. DELABARRE, COMBES, HENRY DES TUREAUX, DIALLO - 1970 - "Erosion, ruissellement et lessivage oblique sous une plantation d'hévéa en basse Côte d'Ivoire".
III. Résultats des campagnes 1967 - 1968 - 1969.
Rapport multigr., ORSTOM-IRCA, Abidjan, 115 p., 45 tabl., 12 fig., 30 réf.
- ROOSE (E.J.), BIROT (Y.) - 1970 - Mesure de l'érosion et du lessivage oblique et vertical sous une savane arborée du plateau Mossi (Gonsé : Haute-Volta).
I. Résultat des campagnes 1968-69.
Rapport ORSTOM (Abidjan) - CTFT (Ouagadougou), multigr., 148 p., 36 tabl., 25 fig., 72 réf.
- ROOSE (E.J.) - 1971 - Projet de lutte contre l'érosion hydrique sur le plateau Mossi (Haute-Volta).
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, 1971. - 22 p. multigr., 32 réf., fig.

- ROOSE (E.J.), BERTRAND (R.) - 1972 - "Importance relative de l'érosion, du drainage oblique et vertical dans la pédogénèse actuelle d'un sol ferrallitique de moyenne Côte d'Ivoire".
Résultats des campagnes 1967 à 1971.
Rapport multigr., ORSTOM/IRAT, Abidjan, - à paraître -
- ROOSE (E.J.) - 1973 - Dix sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire.
Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical.
ORSTOM, Adiopodoumé, 125 p., multigr., tabl., fig., bibliogr. (Thèse Fac. de Sciences, Abidjan, 1973, n°20).
- ROOSE (E.J.) - 1974 - Influence du type de plante et du niveau de fertilisation sur la composition des eaux de drainage en climat tropical humide.
Rapport ORSTOM, Abidjan 8 p., multigr.
Comm. XIII Journées de l'Hydraulique: Paris, Sept. 1974.
- WISCHMEIER (W.H.) and SMITH (D.D.) - 1958 - Rainfall energy and its relationship to soil loss.
Trans. Amer. Geophys. Union n° 39, p. 285-291, 13 réf.
- WISCHMEIER (W.H.), JOHNSON (C.B.) and CROSS (B.V.) - 1971 - "A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites".
J. of Soil and Water Conservation, vol. 26, n° 5, p. 189 à 192, 2 fig., 1 tabl., 7 réf.

A N N E X E

Tableau 1. Précipitations (mm et %) , Evénement totale (kg/ha) et turbidité (mg/l) pour chaque pluie unitaire
 Savia (IRAT) , Campagne 1972.

		N° Parcelles				N° Parcelles			
		Wisch.	Culture	Eté P1	Eté Prot.	Wisch.	Culture	Eté P1	Eté Prot.
27-5-72 H. 12.4 R. 1.6	R	mm	6.22	0	0	mm	2.58	0	0
	R	%	27.2	0	0	10-6-72	10.3	1.3	1.18
	E	kg/ha	100.0	0	0	H = 24.7	351.3	172.8	22.2
	E	mg/l	2150	0	0	Russ: 16.16	508	3505	160
18-5-72 H. 7.8 R. 1.0	R	mm	0.30	0.17	0.16	mm	10.19	1.22	1.18
	R	%	5.8	3.1	3.5	11-6-72	31.5	5.1	5.2
	E	kg/ha	100.4	132.3	21.3	H = 22.7	553.7	226.3	16.3
	E	mg/l	2215	3385	1050	Russ: 20.12	2500	5385	1650
21-5-72 H. 15.2 R. 0.16	R	mm	7.56	1.33	0.12	mm	3.26	1.11	0.12
	R	%	19.1	3.0	2.7	22-6-72	34.2	3.0	28.3
	E	kg/ha	308.5	102.5	12.3	H = 23.1	1451.0	235.0	14.9
	E	mg/l	2930	1640	1120	Russ: 14.00	3385	3085	315
25-5-72 H. 18.0 R. 0.50	R	mm	3.06	3.33	1.18	mm	3.55	0.29	1.18
	R	%	55.3	10.5	0.6	25-6-72	32.3	3.6	1.2
	E	kg/ha	174.5	177.0	13.15	H = 27.24	162.9	32.6	10.5
	E	mg/l	3460	2100	310	Russ: -	1585	1650	400
31-5-72 H. 30.5 R. 19.10	R	mm	18.06	7.80	1.18	mm	16.26	11.82	11.02
	R	%	52.3	22.0	2.6	28-6-72	34.3	22.9	12.7
	E	kg/ha	141.0	206.3	13.3	H = 23.26	524.3	303.8	13.5
	E	mg/l	1385	1625	160	Russ: 21.31	1130	1820	110
1-6-72 H. 5.9 R. 0.50	R	mm	1.16	0.06	0.33	mm	0.33	0.33	0.33
	R	%	26.5	1.1	0.5	1-6-72	0.3	0.3	0.3
	E	kg/ha	18.2	0	6.0	H = 22.1	0.3	0.3	0.3
	E	mg/l	100	0	1	Russ: -	0.3	0.3	0.3
5-6-72 H. 22.0 R. 10.53	R	mm	10.68	3.24	1.18	mm	5.07	0.14	0.14
	R	%	57.5	17.4	5.4	5-6-72	1.4	0.14	0.14
	E	kg/ha	232.3	143.4	24.4	H = 22.1	1.4	0.14	0.14
	E	mg/l	1550	1535	1650	Russ: -	1.4	0.14	0.14

Station 1. Ruissellement (mm et %) , Erosion totale (kg/ha) et turbidité (mg/l) pour chaque pluie unitaire.
 Savia (IRAT) - Campagne 1972.

		N°s Parcelles		Wisch.	Culture	Eros P7	Eros Tot.			Wisch.	Culture	Eros P7	Eros Tot.
2-7-72 H: 16,2 mm R USA: 4,57	R	mm	6,96	3,50	0,16	H: 16,2 mm R USA: 4,57	0	3-8-72	R	3,36	0	0,08	H: 19,2 mm R USA: 3,9
	R	%	49,0	24,6	1,1				R	20,5	0	0,5	
	E	kg/ha	257,8	123,0	11,7				E	181,2	0	10,0	
	L	mg/l	1580	1345	455				L	1850	0	735	
11-7-72 H: 21,3 mm R USA: 7,46	R	mm	8,06	0,25	0,16	H: 20,5 mm R USA: 13,91	0	7-8-72	R	14,46	9,80	1,18	H: 36,7 mm R USA: 21,40
	R	%	37,8	1,4	0,7				R	54,6	37,0	4,5	
	E	kg/ha	194,2	102,7	6,7				E	433,9	147,6	10,3	
	L	mg/l	1350	15495	460				L	1375	1255	110	
12-7-72 H: 13,5 mm R USA: 5,04	R	mm	6,36	0,25	0,16	H: 18,5 mm R USA: 2,33	0,06	13-14/8/72	R	6,76	0	0,06	H: 24,9 mm R USA: 0
	R	%	50,1	1,8	1,1				R	20,9	0	0,2	
	E	kg/ha	264,2	72,7	18,1				E	190,6	0	4,4	
	L	mg/l	10980	4620	5690				L	3505	0	790	
13-7-72 H: 36,9 mm R USA: 34,51	R	mm	23,46	6,22	6,22	H: 36,1 mm R USA: 24,76	0,26	18-8-72	R	2,96	7,80	3,34	H: 28,1 mm R USA: 1,05
	R	%	63,6	16,9	16,9				R	8,4	22,0	9,4	
	E	kg/ha	312,7	266,1	99,1				E	213,0	235,6	11,8	
	L	mg/l	10835	2150	1110				L	3860	2170	110	
25-7-72 H: 15,5 mm R USA: 2,78	R	mm	0	0,25	0,05	H: 17,9 mm R USA: 1,60	0,03	21-8-72	R	0,40	0	0	H: 9,6 mm R USA: 0
	R	%	0	1,6	0,3				R	6,2	0	0	
	E	kg/ha	0	17,6	3,4				E	33,7	0	0	
	L	mg/l	0	535	770				L	1600	0	0	
27-7-72 H: 12,7 mm R USA: 3,37	R	mm	0,65	0,13	0,08	H: 15,2 mm R USA: 2,36	0,04	22-8-72	R	3,16	0	0,05	H: 13,6 mm R USA: 0
	R	%	6,4	1,6	0,6				R	22,6	0	0,6	
	E	kg/ha	126,6	51,2	14,4				E	102,5	0	7,4	
	L	mg/l	2306	1620	555				L	1160	0	525	
30-7-72 H: 18,1 mm R USA: 11,63	R	mm	6,26	2,07	0,98	H: 16,2 mm R USA: 3,36	0	24-8-72	R	1,36	0	0,05	H: 12,9 mm R USA: 0
	R	%	34,6	11,4	5,4				R	23,9	0	1,0	
	E	kg/ha	364,4	61,0	12,1				E	25,2	0	0,6	
	L	mg/l	1815	1505	118				L	1715	0	105	

Tableau 1. Rendement (mm et %) • Erosion totale (kg/ha) et turbidité (mg/l) pour chaque pluie unitaire.
Savon (TRAT) • Campagne 1972

		N° Parcelles	Wisch.	Culture	Eros P7	Eros Post.		Wisch.	Culture	Eros P7	Eros Post
24-25/8/72 H: 8.3 mm R USA: —	R	mm	2.85	0.42	0.08	0	12-9-72	7.66	2.12	0.18	0.09
	R	%	34.5	5.1	1.0	0	H: 11.9 mm	69.0	19.1	1.7	0.5
	E	kg/ha	73.5	4.1	1.2	0	R USA: 4.32	245.9	19.4	2.6	1.4
	L	mg/l	1975	780	890	0	H: 22.0 mm	1730	275	280	220
26-8-72 H: 12.0 mm R USA: 4.90	R	mm	3.35	3.33	1.10	0	12-13/9/72	9.05	2.32	0.91	0.44
	R	%	61.3	27.7	3.2	0	H: 16.5 mm	62.5	16.0	6.5	0.7
	E	kg/ha	413.5	39.1	8.3	0	R USA: 5.50	288.8	17.3	6.8	1.2
	L	mg/l	6210	990	390	0	H: 18.7 mm	1880	165	330	440
30-8-72 H: 11.2 mm R USA: 2.97	R	mm	1.95	0	0.05	0	22-9-72	5.25	0	0.05	0
	R	%	14.5	0	0.4	0	H: 15.2 mm	28.0	0	0.3	0
	E	kg/ha	50.7	0	2.8	0	R USA: 4.08	182.3	0	4.1	0
	L	mg/l	1435	0	835	0	H: 18.0 mm	1095	0	450	0
31-8-72 H: 9.2 mm R USA: —	R	mm	2.96	0	0.04	0	6-10-72	3.96	1.47	0.08	0
	R	%	32.2	0	0.4	0	H: 16.1 mm	24.6	9.1	0.5	0
	E	kg/ha	68.7	0	0.2	0	R USA: 7.08	299.6	22.0	2.6	0
	L	mg/l	850	0	440	0	H: 15.2 mm	1765	280	110	0
1-9-72 H: 6.4 mm R USA: —	R	mm	1.16	0	0	0	9-10-72	5.25	0.25	0.07	0
	R	%	27.5	0	0	0	H: 10.7 mm	31.5	1.5	0.4	0
	E	kg/ha	31.7	0	0	0	R USA: 4.53	226.7	8.8	2.0	0
	L	mg/l	1115	0	0	0	H: 10.6 mm	945	450	165	0
6-9-72 H: 19.5 mm R USA: 2.93	R	mm	4.95	0	0.04	0.09	14-10-72	2.46	0	0.03	0
	R	%	25.4	0	0.2	0.5	H: 10.4 mm	23.6	0	0.3	0
	E	kg/ha	132.4	0	3.3	2.8	R USA: 1.96	12.8	0	1.4	0
	L	mg/l	625	0	685	15	H: 12.5 mm	720	0	220	0
10-9-72 H: 13.1 mm R USA: 1.95	R	mm	5.06	0	0.12	0	18-10-72	10.86	3.50	0.19	0.0
	R	%	38.6	0	0.2	0	H: 22.8 mm	47.6	15.3	0.8	0.3
	E	kg/ha	78.5	0	6.1	0	R USA: 12.55	740.3	31.9	2.6	0.3
	L	mg/l	575	0	615	0	H: 22.5 mm	1860	110	390	0

Tableau 1. Ruissellement (mm et %), Erosion totale (kg/ha) et turbidité (mg/l) pour chaque pluie unitaire.
Sasia - Campagne 1973.

		N° Parcelles	Wischmissi	Culture	Eros P7	Eros Protect.		Wisch.	Culture	Eros P7	Protecting
15-7-73 H: 29,4 mm R USA: 48,60	R	mm	16,26	15,80	0,22	0,13	10-8-73 H: 20,8 mm R USA: 5,62	10,96	0,23	0	N: 22,7 mm
	R	%	59,3	53,7	0,7	0,5		52,02	1,1	0	
	E	kg/ha	395,0	145,9	5,5	2,6		84,1	20,8	0	
	E	mg/l	310	530	205	59,5		105	135	0	
22-7-73 H: 30,2 mm R USA: 29,98	R	mm	5,56	7,86	1,54	0,16	12-8-73 H: 16,3 mm R USA: 7,27	8,96	0,29	0,10	N: 20,2 mm
	R	%	32,0	25,8	5,1	0,5		55,0	1,8	0,6	
	E	kg/ha	913,1	298,7	17,7	8,8		318,6	24,8	3,5	
	E	mg/l	2165	105	485	540		105	205	495	
24-7-73 H: 27,0 mm R USA: 171,04	R	mm	> 54,96	50,16	19,18	0,22	15-8-73 H: 12,5 mm R USA: 2,41	4,96	0	0	N: 11,5 mm
	R	%	> 56,7	51,6	19,8	0,2		38,9	0	0	
	E	kg/ha	2691,8	186,9	42,4	13,4		59,9	0	0	
	E	mg/l	480	425	100	710		265	0	0	
27-7-73 H: 29,9 mm R USA: 26,00	R	mm	20,76	18,95	5,86	0,10	17-8-73 H: 23,6 mm R USA: 12,83	11,76	2,72	1,06	N: 24,5 mm
	R	%	69,4	63,4	19,6	0,3		50,3	11,6	4,5	
	E	kg/ha	423,1	103,5	15,3	6,6		217,2	82,2	2,3	
	E	mg/l	255	130	105	265		240	815	105	
28-7-73 H: 31,8 mm R USA: 23,02	R	mm	18,96	19,80	6,94	0,12	22-8-73 H: 13,1 mm R USA: 3,78	4,96	0	0	N: 12,0 mm
	R	%	59,6	62,3	21,8	0,4		24,0	0	0	
	E	kg/ha	616,2	63,9	35,4	6,2		160,7	0	0	
	E	mg/l	260	100	445	630		710	0	0	
6-8-73 H: 22,0 mm R USA: 9,19	R	mm	4,96	9,80	0,11	0,05	27-8-73 H: 19,9 mm R USA: 9,84	3,96	0	0,12	N: 18,3 mm
	R	%	20,3	44,5	0,5	0,2		19,9	0	0,6	
	E	kg/ha	152,2	88,3	3,3	7,8		212,6	0	5,8	
	E	mg/l	645	605	165	380		255	0	470	
9-8-73 H: 8,4 mm	R	mm	2,96	0	0	0	10-9-73 H: 23,6 mm R USA: 17,09	12,96	6,01	0,14	N: 25,9 mm
	R	%	35,2	0	0	0		53,96	17,0	0,6	
	E	kg/ha	33,3	0	0	0		258,1	27,4	2,9	
	E	mg/l	110	0	0	0		515	130	110	

