

O R S T O M
INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION
24, rue Bayard 75008 Paris

HYDRODYNAMIQUE SUPERFICIELLE DE QUELQUES
TYPES DE SOLS DU SAHEL AFRICAIN , COMPARAISON DES
DONNEES FOURNIES PAR DEUX DIMENSIONS DE PARCELLES
DE SIMULATION DE PLUIE

(Journées hydrologiques de Montpellier)
Septembre 1985

J. COLLINET
Pédologue

août 1985

<u>PLAN</u>	pages
Résumé	- 0
Introduction	- 1
1. Milieu étudié	- 2
2. Méthodologie	- 3
3. Analyse comparative de l'hydrodynamique à partir des données fournies par les deux dispositifs	- 7
4. Conclusion	- 24
Bibliographie	- 23
Liste des tableaux et figures	- 24

Résumé

Dans toutes études concernant l'hydrodynamique des sols et utilisant des méthodes expérimentales, il convient de connaître quel peut être le domaine d'exploitation des données obtenues à partir de dispositifs de dimensions croissantes. En d'autres termes, il s'agit d'évaluer l'importance du facteur échelle quant à la possibilité d'extrapoler les résultats. Il est apparu que sur des parcelles de simulation de pluie dont les superficies augmentent de 1 m^2 à 50 m^2 , les résultats étaient comparables et voisins pour des sols du sahel africain sujets au colmatage de leurs porosités superficielles (coefficient de ruissellement supérieur à 75 %). Des résultats sensiblement différents sont par contre obtenus pour des sols plus perméables (coefficient de ruissellement de 35 à 50 %) ce qui ne semble pas devoir être interprété comme l'apparition de processus différents dûs, par exemple, à l'allongement de la parcelle mais plutôt comme le rôle plus intégrateur de plus grandes superficies sur les multiples hétérogénéités du sol et notamment sur les sites présentant une porosité superficielle accrue. A partir du moment où les manifestations de ces hétérogénéités iront en augmentant, soit par exemple sur les sols des zones plus humides, il deviendra probablement plus difficile de retrouver cette assez bonne concordance de résultats.

Mots clés

Hydrodynamique superficielle, Ruissellement, Infiltration, Facteur échelle, Simulation de pluie, Conductivité hydraulique, Organisations pelliculaires superficielles, Erosivité des pluies, Sols fersiallitiques, Sols isohumiques brun-subarides.

Introduction

La caractérisation de l'hydrodynamique superficielle des sols fait appel à des techniques qui consistent, le plus souvent, à isoler sur un site expérimental donné une surface de sol soumise à des essais d'infiltration sous des lames d'eau plus ou moins hautes où l'on respecte donc plus ou moins les conditions naturelles de l'infiltration. Les données fournies doivent donc toujours faire référence à la technique utilisée afin qu'il soit possible d'en apprécier la représentativité. De nombreux problèmes se posent alors:

- recherche et positionnement d'un site expérimental qui soit représentatif d'un ensemble plus vaste et dont on suppose qu'il possède des caractéristiques homogènes au vu de sa morphologie superficielle et profonde,
- maîtrise de l'époque de l'intervention afin de pouvoir intégrer les paramètres de situation lorsque ceux ci évoluent de façon saisonnière soit naturellement (couvert végétal, activité biologique etc.), soit artificiellement (techniques culturales),
- imitation des contraintes climatiques naturelles notamment en ce qui concerne les caractéristiques des précipitations (hauteur, intensité, temps de ressuyage du sol entre deux averses consécutives) ; le respect de cette condition élimine déjà toutes les techniques faisant appel à des infiltrations forcées par un apport de lame d'eau lorsqu'elles sont appliquées à des sols non inondables ; l'imitation des contraintes naturelles a, assez récemment, abouti à mettre au point et utiliser toute une gamme de simulateurs de pluie qui présentent en commun la possibilité de maîtriser une bonne partie des paramètres qui interviennent simultanément sous pluies naturelles et compliquent l'interprétation des données,
- utilisation et extrapolation des données stationnelles; même si la simulation de pluie permet de se rapprocher des conditions pluviométriques naturelles, il s'agit toujours d'une technique expérimentale: qui s'applique à un milieu circonscrit artificiellement et généralement de faible superficie donc, entr'autres choses de faible longueur de versant ; de ce fait certains processus ne peuvent pas être reproduits tels que l'apparition d'une hiérarchisation du ruissellement ou encore une intégration de toutes les hétérogénéités influençant l'hydrodynamique ; il est aussi probable que l'augmentation de la dimension des dispositifs expérimentaux ne se traduit pas toujours par une juxtaposition de processus élémentaires où les données fournies à l'exutoire pourraient être déduites d'une sommation pondérée de résultats élémentaires, mais il peut apparaître d'autres processus découlant de l'augmentation de la superficie.

Il ne sera question, dans cet article, que d'essayer d'analyser ce quatrième point dont la problématique pourrait se résumer dans l'intitulé " identification et appréciation du facteur échelle".

Une assez bonne opportunité d'étudier ce facteur échelle s'est présentée à l'occasion d'une mission réalisée d'octobre 1979 à mars 1980 en zone sahélienne, plus précisément pour une partie dans le nord du Burkina Faso (ex Haute Volta) où furent utilisés deux simulateurs de pluie opérant, l'un sur des parcelles de 1 m^2 (infiltromètre à aspersion, ou mini simulateur, de type J. ASSELINE et C. VALENTIN -1978), l'autre sur des parcelles de 50 m^2 (simulateur de pluie de type SWANSON). Un se propose ici de comparer les données fournies par ces deux dispositifs utilisés sur

les mêmes sites expérimentaux positionnés sur trois types de sols caractéristiques du milieu sahélien et différenciés le long d'une géoséquence dominant la mare d'Oursi.

1. MILIEU ETUDIE

La mare d'Oursi (14° 37' N. et 00° 29' E.) est alimentée par un bassin versant de 264 km² dont le système hydrographique, inclus dans le bassin versant du Niger, est endoréique (J. CLAUDE et Al. - 1978, 1981-, P. CHEVALLIER-1982). Elle bénéficie d'un climat sahélien typique avec une moyenne interannuelle des précipitations avoisinant 450 mm tombant en une quarantaine d'averses entre juin et septembre. La campagne de simulation de pluie s'y est déroulée en novembre et décembre 1979 sur un des versants dominant la mare au sud-sud est, s'étendant sur quelque 8,5 km et dominé à l'amont par le massif de Koel à affleurements chaotiques de gabbros. Une reconnaissance pédologique préliminaire, facilitée par les travaux antérieurs de J.C. LEPRUN (1977) et de F. JOLY, Y. DE WOLF et R.RIOU (1980) a permis de sélectionner trois sites expérimentaux répartis tout au long de ce versant à 8,0 km (A), 6,7km (B) et 2,5 km (C) des rives de saison sèche de la mare. Les matériaux originels étant variés, il conviendra de parler de géoséquence plutôt que de toposéquence.

1.1. Site_A

La pente moyenne y atteint 2,3 % , il est occupé par des sols brun-rouges, sableux en surface, discrètement tachetés de jaune et argileux vers -170 cm [A+LF= 5 à 11 %], leur structure est massive et leur cohésion est moyenne à forte à l'état sec. Les horizons sont peu différenciés car ces sols se développent au dépens de sables éoliens anciens plaqués souvent contre les versants nord des reliefs de la région et reposant, ici, sur des altérations gabbroïques. Ils furent identifiés et cartographiés (J.C. LEPRUN - 1977) (C.P.C.S. - 1967-) en "sols fersiallitiques, ferrugineux tropicaux peu lessivés, à drainage interne limité en profondeur".

Leur caractérisation fut complétée par une étude détaillée des organisations structurales de leur surface. Ceci a permis de distinguer deux types d'organisation pelliculaire superficielle" (O.P.S.) .. pour reprendre une terminologie de C. VALENTIN (1982 et 1985): des zones dénudées soumises à l'abrasion actuelle du vent, du ruissellement et à l'action des gouttes de pluie, et des zones ensablées par une éolisation actuelle, souvent enherbées, éolisation et enherbement complètent d'ailleurs leurs effets car la rugosité du sol permet le piégeage des graines et le dépôt de sable constituant un milieu meuble favorable à la germination.

1.2. Site_B

La pente moyenne n'y atteint plus que 0,4 %; lorsque le recouvrement sableux précédent disparaît, on découvre des sols gris-bruns, argilo-limoneux [40 à 45 % de A+LF] fortement structurés en polyèdres moyens sur 20 à 25 cm puis devenant massifs, fissurés et légèrement carbonatés jusqu'aux altérites du gabbros découvertes vers 80 , 100 cm. Ces sols furent cartographiés en "sols isohumiques à complexe saturé, bruns sub-arides, vertiques". Là également, l'étude de leur surface a permis de distinguer deux types d'organisations: l'une correspondant à des zones dénudées, "glacées"

soumises à la battance des pluies, et l'autre, à des zones enherbées au niveau de sédiments argilo-limoneux craquelés en lamelles rebroussées plus ou moins couvertes de sables éoliens piégés par les lamelles.

1.3. Site C

La pente moyenne est de 3,2 % , vers le milieu de la séquence, on passe à des granites alcalins supportant des sols gris pâles, sableux grossiers et faiblement graveleux, massifs, très cohérents à l'état sec sur 20 à 30 cm puis jaunes, argilo-sableux grossier, graveleux et gravillonnaires, de plus en plus tachetés de beige vers les altérites aréniformes et hydromorphes du granite que l'on découvre vers 120 cm (A+LF= 10 % de 0 à -10cm, 20 % vers -30 cm et 50% vers 120 cm). Ces sols, largement représentés au sud-est de la mare, sont cartographiés en "sols fersiallitiques, tropicaux lessivés, ou appauvris, à taches, concrétions et horizon éluvial bien développé". En surface, on découvre des zones dénudées où les éléments fins peuvent agglomérer des sables grossiers et des graviers ainsi que des zones ensablées, généralement enherbées mais où les alternances de colluvionnement et sédimentation dûs au ruissellement l'emportent sur les actions éoliennes, il en résulte des interstratifications laminaires assez complexes.

2. METHODOLOGIE

Deux appareils ont été utilisés conjointement: l'infiltromètre à aspersion arrosant une surface variant de 2,5 à 13 m² et contenant un cadre infiltrométrique de 1 m², et le simulateur de pluie arrosant une surface de 200m² à l'intérieur de laquelle sont disposées deux parcelles de ruissellement et d'érosion de 50m². La combinaison de ces moyens a permis de tester les comportements hydrodynamiques (et érosifs) des multiples situations expérimentales évoquées précédemment. Les O.P.S. n'étant souvent homogènes et continues que sur quelques mètres carrés, il a été plus commode d'y utiliser l'infiltromètre pour connaître leurs réactions spécifiques. Par contre, les 200 M² arrosés par le simulateur contenaient souvent plusieurs types d'O.P.S.. Avant tous essais, on a procédé à une cartographie détaillée de ces organisations par une méthode adaptée des points quadrats afin de connaître la répartition et la superficie couvertes par chacune d'entr'elles.

Nous ne détaillerons pas les caractéristiques techniques des deux types d'appareils, rappelons qu'ils permettent de réaliser des averses aux intensités et durées de pluie connues, contrôlées de façon continue sous infiltromètre et de façon discontinue sous simulateur. La figure n° 1 illustre ces possibilités; signalons qu'aux faibles intensités, il est possible, sur le simulateur de pluie, de faire varier en continu les intensités de pluie aux environs de 30 mm/h, mais des intensités inférieures à 25 mm/h ne peuvent pas être reproduites.

L'exploitation des limnigrammes de ruissellement permet de dresser, pour chaque pluie ou averse, un hydrogramme de la pluie, du ruissellement, de l'infiltration d'où il est possible d'extraire les données suivantes:

- Intensité de la pluie : I (mm/h)
- Hauteur de la pluie d'imbibition : Pi (mm)
- Hauteur de la pluie utile : Pu (mm) ou valeur cumulée:SPu

D'autres paramètres sont également fréquemment utilisés:

- Temps d'arrêt entre deux averses consécutives: ta (minutes, heures, jours)
- Indice d'humidité préalable des sols, d'après la formule de KOHLER: IK
- Erosivité de la pluie, ou indice d'agressivité climatique d'après W.H. WISCHMEIER et D.D.SMITH -1958 , 1960: R et sa valeur cumulée : SR
- Intensité limite de la pluie provoquant le ruissellement: Il (mm/h).

Dans toutes les régions où se sont déroulées les missions de simulation de pluies, les protocoles expérimentaux retenus se sont efforcés de tenir compte des conditions naturelles des précipitations dont les caractéristiques sont obtenues par une étude statistique des relevés pluviométriques (Y.BRUNET MORET- 1963). Cependant, l'obligation d'obtenir certaines valeurs limites (Rx,Fn et Il entr'autres) amène un calage de ces protocoles sur des événements climatiques d'occurrence décennale. C'est une critique souvent émise que l'on peut lever en maintenant en place les dispositifs pendant plusieurs saisons, mais ceci n'est évidemment pas possible pour les missions lointaines de courte durée comme, par exemple, celle dont il est question dans cet article.

Sous infiltromètre, dix parcelles furent installées sur le site A, trois sur le site B et deux sur le site C; ce nombre d'essais correspond à la combinaison des situations expérimentales résumées sur le tableau n° I.

Sites	Parcelles	O.P.S.		
		N	RS	RG/N
A	état naturel	L1	L5	-
	labourée	L9	L8	-
	semée en mil	L4	L3	-
	sarclée	L10	L7	-
	mil récolté	L6	L2	-
B	état naturel	M2-3	-	-
	labourée	M1	-	-
C	état naturel	-	N1	N2
	labourée	-	N3	N4

TABLEAU I : SITUATIONS EXPERIMENTALES TESTEES SOUS INFILTROMETRE

Légende des organisations pelliculaires superficielles (O.P.S)

- N: zone dénudée à pellicule de battance ou de décantation
- RS: zone à recouvrements sableux d'origine éolienne ou colluviale, plus ou moins enherbés (chaumes encore érigés d'une végétation morte)
- RG/N: épandages graveleux fins, parfois caillouteux peu dense sur zones dénudées à pellicule de battance.

Sous simulateur, le programme prévoyant une étude de l'influence de l'intensité des pluies sur la formation et l'évolution des O.P.S., les parcelles ont reçu chacune une intensité de pluie constante en faisant cependant varier les hauteurs et les temps de ressuyage.

- Huit parcelles furent installées sur le Site A:
- AT1 , I= 30mm/h, sol en son état naturel (nat.)
 - AT2 , " , sol labouré (lab.)
 - AS1 , I= 60mm/h, nat.
 - AS2 , " , lab.
 - AQ1 , I= 90mm/h, nat.
 - AQ2 , " , lab.
 - AC1 , I= 120mm/h, nat.
 - AC2 , " , lab.

Huit parcelles sur le Site B comme précédemment
Six parcelles sur le Site C (pas de 90mm/h).

La répartition des organisations superficielles sur les différentes parcelles de sols en leur état naturel est résumée sur le tableau n°II où figurent les trois types d'organisation tels qu'ils ont été définis précédemment et individuellement testés sous infiltromètre.

Sites	Parcelles	O.P.S.		
		N	RS	RG/N
A	AT,S,Q,C 1	0,03	0,97	-
B	BT,S,Q,C 1	0,49	0,51	-
C	CT,S,C 1	0,30	0,57	0,13

TABLEAU II : ETATS DE SURFACE DES PARCELLES SIMULATEUR ET DEGRE D'OCCUPATION (Légende des O.P.S.: cf. Tableau n° I)

La comparaison des comportements portera donc principalement sur les situations résumées dans le Tableau n° III

Parcelles Simulateur	Parcelles Infiltrmètre
A 1	L 5 et L 1
A 2	L 8 et L 9
B 1	M 2-3
B 2	M 1
C 1	N 1 et N 2
C 2	N 3 et N 4

TABLEAU III : COMPARAISONS POSSIBLES DES DONNEES FOURNIES PAR LES DEUX DISPOSITIFS }

3. - ANALYSE COMPARATIVE DE L'HYDRODYNAMIQUE SUPERFICIELLE A PARTIR DES DONNEES FOURNIES PAR LES DEUX DISPOSITIFS

Pour une situation expérimentale donnée (type de sol, type de traitement, type d'organisation), la succession des averses prévues dans les deux protocoles contient globalement des événements (intensité, durée, ressuyage) identiques ou voisins qui imposent donc à un moment donné, les mêmes contraintes aux sols étudiés; dès lors, les expressions ou relations suivantes peuvent être étudiées:

$$SL = f (SPu) \quad (1)$$

$$Rx \text{ (ou } F_n) = f (I) \quad (2)$$

Compte tenu de l'importance que prennent, en zone sahélienne, les organisations superficielles dans le contrôle de la conductivité hydraulique, il est apparu intéressant d'arrêter ces comparaisons à un niveau de contrainte donné plutôt que de ne considérer seulement que des hauteurs de pluies cumulées identiques. Pour cette raison, les érosivités cumulées des pluies (SR) ont été calculées sur les deux dispositifs (cf. § 3.1.) et les coefficients de ruissellement utiles moyens, déterminés en reprenant la relation (1), s'appliqueront à des valeurs de SR identiques sur les deux types de parcelles.

Il a été également possible d'essayer d'évaluer les vitesses de modification des structures superficielles soumises aux contraintes des averses simulées en tenant compte du cumul des énergies cinétiques dissipées sur la surface des sols en considérant la relation:

$$F_n = f (SR) \quad (3)$$

Il a par contre été difficile, sinon impossible, de sélectionner, dans les deux protocoles, des pluies isolées pour comparer leurs effets et ce, même en prenant la précaution de retenir des coupes de données issus des mêmes temps de ressuyage et des mêmes hauteurs de pluies cumulées, en effet, l'interface étudié est un milieu dynamique aussi est-il illogique de vouloir en comparer des stades instantanés d'évolution.

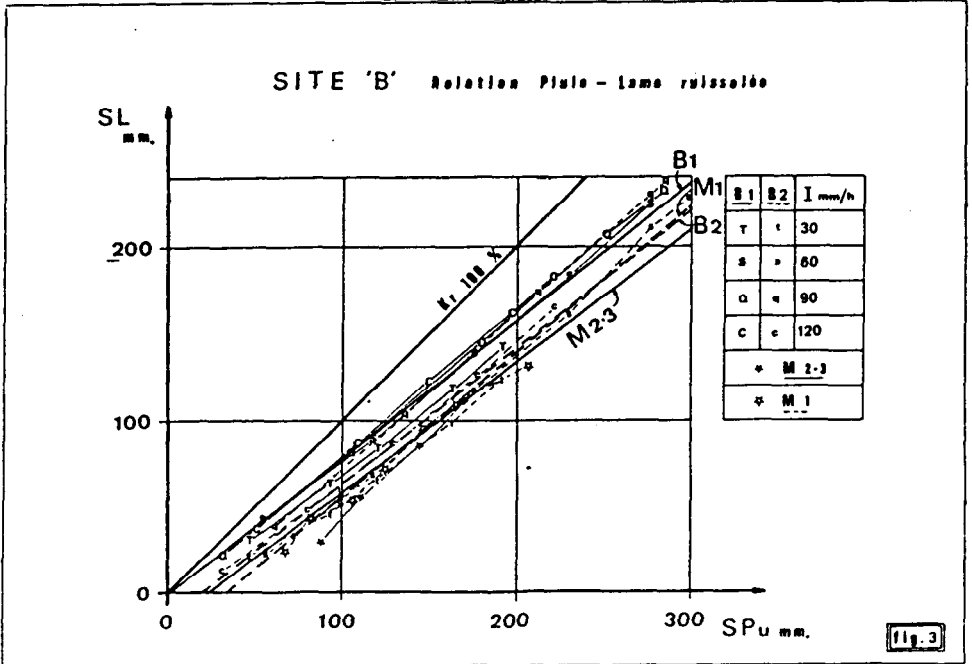
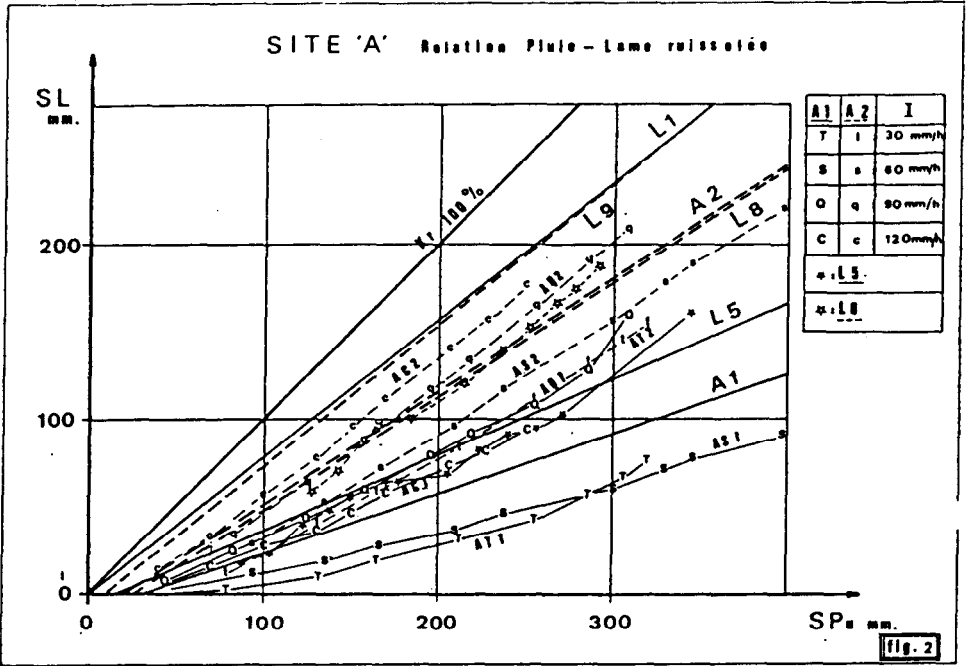
L'hydrodynamique des trois sites A, B et C sera donc analysée sur les sols en leur état naturel, sur les mêmes sols subissant un labour standardisé qui homogénéise les 15 à 20 premiers centimètres.

Les figures n^{os} 2, 3 et 4 représentent les expressions de la relation n^o (1) sur les trois sites naturels et labourés. On peut y constater les faits saillants suivants:

- une partition identique sous infiltromètre et sous simulateur des sols assez perméables du site A et très peu perméables des sites B et C qui sont morphologiquement et génétiquement très différents,

- une influence nette des variations d'intensité de pluie sur le site A où la relation (1) fournit un faisceau de droites bien individualisées sur sols naturels et labourés, on constate la même chose sous infiltromètre où la parcelle L5 fournit une régression non strictement linéaire ce qui traduit également l'influence de ces variations d'intensité (Fig. 2),

- par contre, pas d'influence perceptible à ce niveau des variations d'intensité sur les sites B et C sur sols naturels et labourés des deux dispositifs (fig. 3 et 4),



SITE 'C' Relation Pluie - lame ruisselée

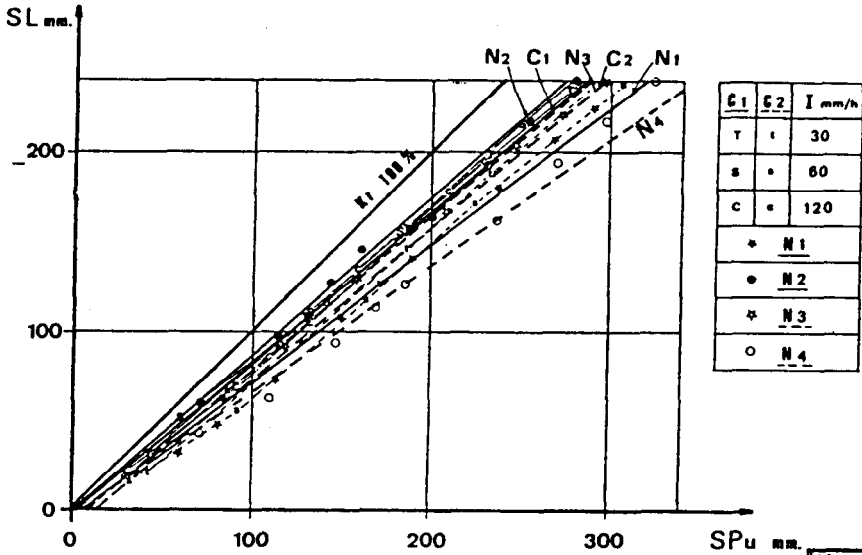


fig. 4

- enfin, en exceptant la première, parfois la seconde pluie, les deux dispositifs détectent de la même façon une identité remarquable des comportements entre les parcelles en leur état naturel et les parcelles labourées des sites B et C peu perméables (fig. 3 et 4), une divergence de réactions se manifeste par contre sur les sols à recouvrement sableux du site A (Fig. 2).

Les informations fournies par les deux superficies présentent donc la même cohérence dans la discrimination des comportements des différents sites, qu'en est-il maintenant des données absolues fournies par chacun d'eux ?

Le tableau n° IV regroupe différents paramètres du ruissellement permettant une comparaison plus détaillée. Pour cela, les valeurs de SL et de SPu retenues correspondent à des érosivités cumulées [SR] identiques.

Les lames ruisselées cumulées [SL] s'ajustent sur une fonction linéaire des hauteurs de pluies cumulées [SPu]- (A.LAFFORGUE -1977- J.COLLINET, A.LAFFORGUE -1979- J.COLLINET, C.VALENTIN 1982) :

$$SL = \alpha (SP - \beta) \quad (4)$$

... d'où l'on tire de la relation $Kr = 100 L / P$ le coefficient de ruissellement moyen du site à l'issue des essais :

$$Kru = 100 \left(\alpha - \frac{\alpha\beta}{nP_1} \right) \quad \text{avec } P_1 = \text{hauteur (mm) de la première pluie} \quad (5)$$

et n = effectif des pluies

3.1. Site A, sol en son état naturel - comparaisons A1, L5, L1

3.1.1. Les coefficients de ruissellement

Une pondération du coefficient de ruissellement tenant compte des superficies occupées sur 50 m² par les O.P.S. de

type L1 (N) et de type L5 (RS) permet une comparaison entre :

- 50 m² de A1 où l'on a $K_{ru} = 35,8\%$

- 50 m² d'une parcelle affectée des coefficients de ruissellement de l'infiltromètre où l'on trouve $K_{rup} = 50,3\%$

Sites	Parcelles	n	r	α	β	Kru%	Krup%	Kr%		
1	A	A1	18	0,99	0,32	-12,00	35,8	50,3	-14,5	
2		L1	18	0,99	0,79	0,84	78,3			
3		L5	16	0,99	0,43	-15,13	49,5			
4		lab.	A2	18	0,99	0,64	-14,76	73,4	[80,9]	[-7,5]
5			L9	14	0,99	0,82	-11,29	91,2		
6			L8	14	0,99	0,65	-24,57	80,9		
7	B	nat.	B1	21	0,99	0,80	-4,77	83,8	-	-
8			M2-3	9	0,99	0,76	-23,75	94,0		
9		lab.	B2	21	0,99	0,78	-18,17	92,2	-	-
10			M1	11	0,99	0,83	-32,16	100,0		
11	C	nat.	C1	16	0,99	0,84	-3,46	86,9	86,4	0,5
12			N1	15	0,99	0,77	-8,05	83,2		
13			N2	12	0,99	0,88	-2,94	90,6		
14		lab.	C2	16	0,99	0,85	-15,14	97,9	[85,5]	[12,4]
15			N3	14	0,99	0,85	-7,52	91,4		
16			N4	16	0,99	0,71	-9,31	77,6		

Légende: n = effectif
r = coefficient de corrélation
 α et β = coefficients dépendant de la nature du sol

TABLEAU IV : COMPARAISON DES PARAMETRES DU RUISSLEMENT SOUS INFILTROMETRE ET SOUS SIMULATEUR POUR UNE EROSIVITE CUMULEE "SR" DE 225.

On note une influence prépondérante des organisations les plus perméables (RS) sur la parcelle simulateur qu'il s'agit maintenant de retrouver au niveau des différentes phases du ruissellement (ou de l'infiltration). Les gains d'infiltration peuvent en effet avoir trois origines:

- la hauteur de la pluie d'imbibition,
- la hauteur de détention récupérable,
- l'importance de l'intensité d'infiltration à régime constant.

Sur le tableau n° V qui reproduit les rapports des pluies d'imbibition cumulées sur les lames infiltrées cumulées (SP_i/SW), ainsi que les parts prises par la pluie d'imbibition de la première pluie (P_i/SP_i), on constate que le rapport SP_i/SW est plus important sous infiltromètre (0,42) que sous simulateur (0,28). Ces infiltrations préliminaires étant assurées dans des proportions voisines par la première pluie sous les deux dispositifs. On ne peut donc expliquer la différence des coefficients de ruissellement à ce niveau.

type L1 (N) et de type L5 (RS) permet une comparaison entre:
 - 50 m² de A1 où l'on a Kru = 35,8%
 - 50 m² d'une parcelle affectée des coefficients de ruissellement de l'infiltromètre où l'on trouve Krup = 50,3%

Sites	Parcelles	n	r	α	β	Kru%	Krup%	Kr%				
1	A	A1	18	0,99	0,32	-12,00	35,8	50,3	-14,5			
2		nat.	L1	18	0,99	0,79	0,84			78,3		
3		L5	16	0,99	0,43	-15,13	49,5					
4		lab.	A2	18	0,99	0,64	-14,76			73,4	[80,9]	[-7,5]
5			L9	14	0,99	0,82	-11,29			91,2		
6			L8	14	0,99	0,65	-24,57			80,9		
7	B	nat.	B1	21	0,99	0,80	-4,77	83,8	-	-		
8			M2-3	9	0,99	0,76	-23,75	94,0				
9		lab.	B2	21	0,99	0,78	-18,17	92,2				
10			M1	11	0,99	0,83	-32,16	100,0				
11	C	nat.	C1	16	0,99	0,84	-3,46	86,9	86,4	0,5		
12			N1	15	0,99	0,77	-8,05	83,2				
13			N2	12	0,99	0,88	-2,94	90,6				
14		lab.	C2	16	0,99	0,85	-15,14	97,9			[85,5]	[12,4]
15			N3	14	0,99	0,85	-7,52	91,4				
16			N4	16	0,99	0,71	-9,31	77,6				

Légende: n = effectif
 r = coefficient de corrélation
 α et β = coefficients dépendant de la nature du sol

TABLEAU IV : COMPARAISON DES PARAMETRES DU RUISSellement SOUS INFILTROMETRE ET SOUS SIMULATEUR POUR UNE EROSIvITE CUMULEE "SA" DE 225.

On note une influence prépondérante des organisa-
 tions les plus perméables (RS) sur la parcelle simulateur qu'il s'agit
 maintenant de retrouver au niveau des différentes phases du ruissel-
 lement (ou de l'infiltration). Les gains d'infiltration peuvent en
 effet avoir trois origines:

- la hauteur de la pluie d'imbibition,
- la hauteur de détention récupérable,
- l'importance de l'intensité d'infiltration à régime

constant.

Sur le tableau n° V qui reproduit les rapports
 des pluies d'imbibition cumulées sur les lames infiltrées cumulées
 (SPi/SW), ainsi que les parts prises par la pluie d'imbibition de la
 première pluie (Pi 1/SPi), on constate que le rapport SPi/SW est plus
 important sous infiltromètre (0,42) que sous simulateur (0,28). Ces
 infiltrations préliminaires étant assurées dans des proportions voisines
 par la première pluie sous les deux dispositifs. On ne peut donc
 expliquer la différence des coefficients de ruissellement à ce niveau.

Sites	Parcelles	SPi/SW	Pi 1/SPi	
A	nat.	A1	0,28	0,44
		L1	0,24	0,09
		L5	0,43	0,49
	lab.	A2	0,32	0,75
		L9	0,38	0,63
		L8	0,48	0,79
B	nat.	B1	0,43	0,2
		M2-3	0,39	0,65
	lab.	B2	0,39	0,49
		M1	-	-
C	nat.	C1	0,40	0,36
		N1	0,41	0,13
		N2	0,65	0,14
	lab.	C2	0,33	0,49
		N3	0,31	0,46
		N4	0,20	0,40

TABLEAU V : INFILTRATION ASSURÉE PAR LA PLUIE D'IMBIBITION SOUS INFILTROMETRE ET SOUS SIMULATEUR POUR UNE EROSIVITE CUMULEE "SR" DE 225.

La comparaison des détentions superficielles récupérables (Dr) est rendue difficile par la différence de conception des dispositifs, donc des protocoles. Il apparaît cependant que les parts prises sur le ruissellement par la phase de vidange sont identiques dans les deux cas et ne représentent que 4 à 6 % de L.

Il faut donc surtout attribuer la différence observée aux intensités d'infiltration à régime constant.

3.1.2. Les intensités d'infiltration à régime constant

Des travaux antérieurs (A.LAFFORGUE-1977- , J.COLLINET, C.VALENTIN -1979-) ont démontré puis vérifié que l'intensité d'infiltration à régime constant était indépendante de l'intensité de la pluie mais dépendait par contre du déficit de saturation en chaque point de la parcelle. Ceci est le cas de parcelles à comportement homogène, c'est à dire rigoureusement planes et où la conductivité hydraulique saturée (Ksat.) reste uniforme. Dès que la parcelle devient hétérogène, soit par la présence de micro-ondulations, soit par une diversité des matériaux la composant, les valeurs de cette conductivité peuvent varier d'un point à un autre et une augmentation de l'intensité de la pluie provoque une multiplication des sites où I est supérieur à K sat. d'où une augmentation de Fn en fonction de I. Ensuite, l'on se trouve replacé dans le premier cas où Fn est une constante indépendante de I lorsque I est supérieur à K sat. sur la totalité de la parcelle.

Le modèle mathématique proposé par A.LAFFORGUE-1977 de la forme...

$$F_n = (1-k) I + kI \quad (6)$$

où k = proportion de parcelle donnant lieu au ruissellement
 et I_l = intensité limite de la pluie provoquant les premiers ruissellements, permet, par identification de la droite d'ajustement des valeurs expérimentales:

$$F_n = a I + B$$

de déterminer:

$$k = 1 - a$$

et:

$$I_l = \frac{b}{1-a}$$

et d'établir une assez bonne comparaison des comportements (Tableau VI)

Sites		Parcelles	k			I _l (mm/h)			
			sec	ressuyé	humide	sec	ressuyé	humide	
1	A	nat. [L1]	A1	0,41	0,71	0,84	28,5	24,0	17,5
2			-	-	0,78	-	-	2,6	
3			L5	-	0,68	0,95	-	36,9	18,7
4		lab. [L9]	A2	0,73	-	0,85	20,9	-	5,9
5			-	0,95	1,00	-	12,0	10,3	
6			L8	-	0,91	0,98	-	26,7	4,6
7	B	nat. [B1]	M2-3	[0,83]	0,92	0,92	[0,8]	1,7	2,0
8			-	0,60	1,00	-	12,0	10,3	
9		lab. [B2]	M1	0,82	0,90	0,97	2,2	1,7	3,7
10			-	0,50	0,96	-	27,8	1,5	
11	C	nat. [C1]	N1	-	0,94	0,98	-	3,2	3,6
12			-	-	0,90	-	-	4,2	
13			N2	-	-	1,00	-	-	6,4
14		lab. [C2]	N3	0,88	-	0,97	5,1	-	3,4
15			-	1,00	1,00	-	15,2	8,1	
16			N4	-	0,82	0,87	-	12,5	1,8

(-): comparaison peu justifiable ou effectif insuffisant

TABLEAU VI: COMPARAISON DES PARAMETRES DE L'INFILTRATION SOUS INFILTROMETRE ET SOUS SIMULATEUR

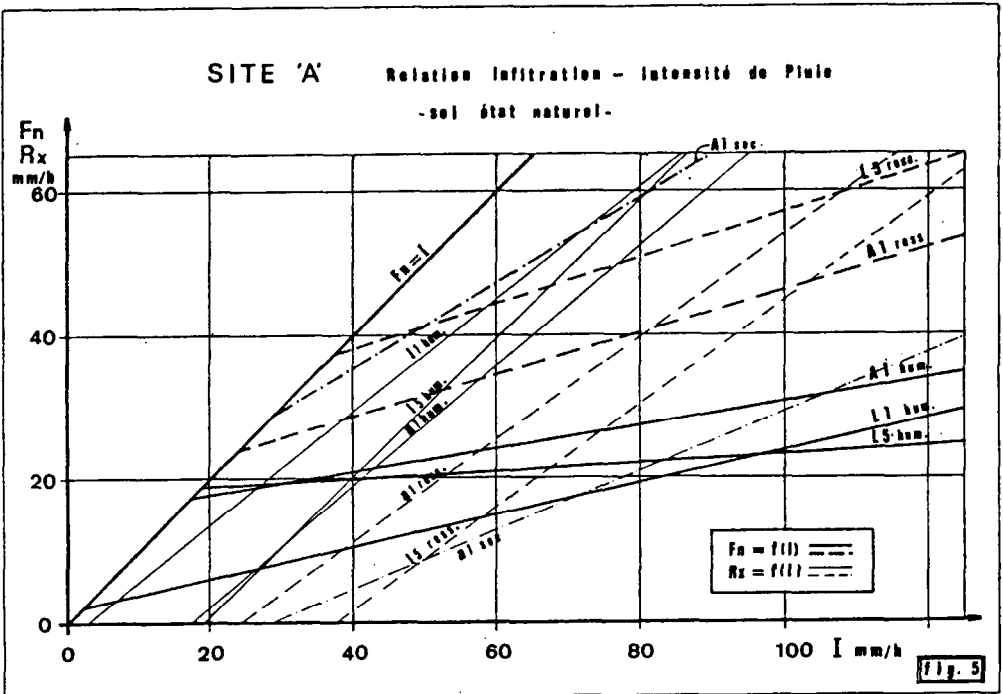
Les couples de données permettant d'obtenir k et I_l correspondant à deux ou trois états d'humidité préétablies des sols, ont été regroupés en prenant et en modifiant l'indice d'humidité de KHOLER -[1951]-: IK ; nous disposons en effet des lames infiltrées des pluies précédentes d'où la formulation suivante:

$$IK = (IK_{k-1} + w_{k-1}) e^{-\alpha t_a}$$

avec: IK_{k-1} = indice de la pluie précédente,
 w_{k-1} = lame infiltrée à l'issue de la pluie précédente,
 α_{k-1} = coefficient d'ajustement = 0,5
 t_a = temps de ressuyage du sol entre deux pluies, ou averses consécutives (en jours).

Appliqué aux sols sahéliens sujets à d'importantes modifications structurales de leur surface, cet indice n'est cependant pas entièrement satisfaisant car son information concerne l'ensemble du profil humide et non la zone superficielle contrôlant l'hydraulicité.

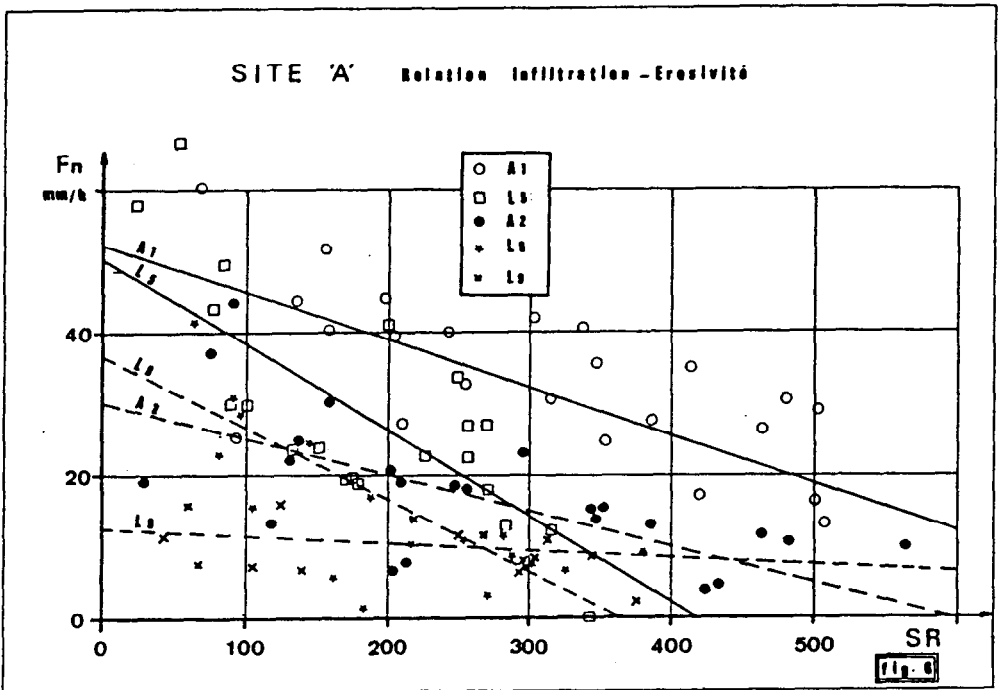
Les graphiques de la figure n°5 et les trois premières rangées du tableau n° VI présentent les relations de R_x , $F_n = f(I)$ et les paramètres de l'infiltration s'y rattachant pour les parcelles A1, L1 et L5.



Pour de faibles humidités de sol, on constate que toutes les parcelles se comportent comme des "surfaces hétérogènes"; cette hétérogénéité est cependant plus importante sur 50 m² que sur 1 m². Sur des sols très humides, ce caractère s'atténue plus fortement sur 1 m², la parcelle simulateur continuant à ménager de nombreux sites où l'intensité de la pluie reste inférieure à la conductivité hydraulique. De l'état sec à l'état humide, les structures superficielles évoluent vers une imperméabilisation et les horizons sous-jacents seaturent en fonction du contrôle exercé par ces structures superficielles. On a essayé de caractériser les vitesses relatives de cette imperméabilisation en exprimant les évolutions de F_n en fonction des érosivités cumulées des pluies (SR). Cette érosivité est en liaison directe avec les énergies cinétiques dispensées par les pluies successives. Connaissant exactement les caractéristiques énergétiques

des deux dispositifs (C. VALENTIN - 1979), il a été possible de déterminer ces érosivités en reprenant et en adaptant à la simulation de pluie la formule de W.H. WISCHMEIER (1958) où l'indice d'érosivité R est le produit de l'énergie cinétique (E_c en joules par m^2) par l'intensité (I en mm/h). Les différentes relations de $F_n = f(SR)$ de la figure n°6 font apparaître une dégradation des structures superficielles plus rapide sous infiltromètre que sous simulateur. Cette observation ne doit pas surprendre si l'on considère deux causes :

- la maille représentative des micro-ondulations dépasse souvent 1 m^2 et ne peut donc pas être contenue dans le cadre infiltrométrique,
- le positionnement du cadre infiltrométrique exige des surfaces planes et à pente uniforme ce qui est rarement réalisé sous simulateur dont les deux parcelles sont positionnées en respectant la ligne de plus grande pente d'une surface de quelque 500 m^2 dont on a effectué un relevé topographique précis.



Le stade ultime de la dégradation peut, théoriquement, correspondre à l'intersection avec l'axe des abscisses de la droite de régression de SR sur F_n ; ces points ne fournissent cependant que des informations relatives car toutes les composantes de l'érosion ne peuvent pas être détectées sous simulation de pluie.

Cette différence de vitesse d'évolution explique aussi les différences d'intervalles de variation des intensités limites (I1) entre les extrêmes d'humidité. Compte tenu de ce qui précède les comparaisons les plus utiles peuvent plutôt être faites pour des états humides des sols et l'on constatera, sur le tableau n° VI une

similitude des intensités limites I_l de A1 et de L5.

3.2. Site A - sol labouré - comparaisons A2 - L9, L8

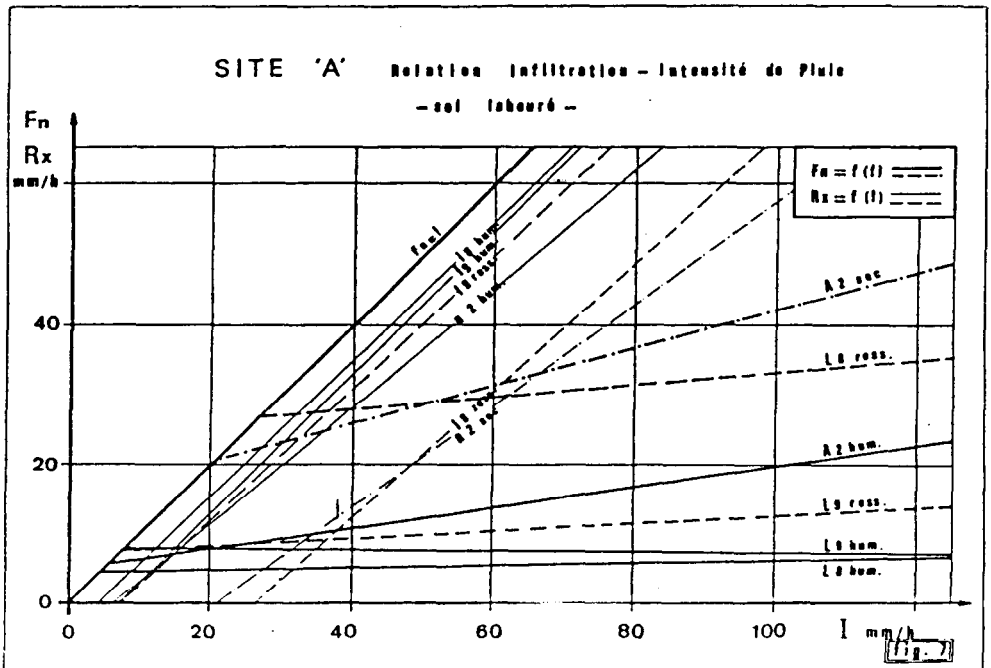
3.2.1. Les coefficients de ruissellement

La pondération fournissant les coefficients de ruissellement perd ici tant soit peu de sa signification car le labour amène une destruction des organisations superficielles et une homogénéisation des quelque 20 premiers centimètres du sol. Il est cependant vraisemblable que la "marque" laissée par celles-ci sera plus perceptible sur 1 m² que sur 50 m².

On peut néanmoins considérer comme une approximation satisfaisante la comparaison des parcelles A2 et L8 qui correspondent aux situations des parcelles A1 (97 % de RS) et L5 (100% de RS). Ces coefficients de ruissellement [rangées 4,5 et 6] du tableau n°IV montrent un net rapprochement des comportements des sols des deux dispositifs allant vers une forte imperméabilisation, les droites de régression A2 et L8 de S_Pu sur S_L [figure n°2] sont pratiquement confondues.

On continue d'observer une plus forte contribution des pluies d'imbibition à l'infiltration sous infiltromètre [tabl. V], et ce, dans des proportions voisines de celles du cas précédent. Par contre, le labour renforce l'action des premières pluies sur A2 et L8 où il semble que la désagrégation des mottes soient aussi rapides [P_i1/S_Pi de 0,75 et 0,79] avec colmatage des porosités créées artificiellement.

3.2.2. Les intensités d'infiltration à régime constant [fig.n° 7 et tabl. n° VI]



L'hétérogénéité des sols reste sensible sous simulateur, s'atténue sous infiltromètre pour les premières averses tombant sur un sol peu humide, s'annule ensuite presque complètement sur sol très humide. La désagrégation des structures créées artificiellement est, dans les deux cas très complète en fin de protocole puisque les intensités limites [I] sur sol saturé atteignent des valeurs minimales d'environ 5 mm/h. On peut, de prime abord, s'étonner de trouver des coefficients k aussi élevés sur sol ressuyés, et, a fortiori sur sol sec (simulateur), en fait il faut bien distinguer l'influence de l'humidité de celle de la stabilité structurale des sols, en effet, la relation $F_n = f(I)$ est établie pour des sols à temps de ressuyage important mais où la désagrégation est déjà effective à l'issue de la première pluie quand ce n'est pas dès le début de cette première pluie.

La relation $F_n = f(SR)$ représentée sur la figure 6 met en évidence, sur labour, une dégradation des structures plus rapide sous infiltromètre (L8), par contre, la parcelle L9 qui a subi une homogénéisation de sa pellicule de battance se modifie peu tout au long des averses. Aux explications développées précédemment (§ 3.12) il convient d'ajouter que, sur les surfaces aplanies, les érosivités maximales annulant l'infiltration ne peuvent plus être détectées car il s'y produit, surtout sous infiltromètre, un arroyage du sol le protégeant contre l'impact direct des gouttes de pluie, dès lors, d'autres processus de transformation des structures qui n'ont plus rien à voir avec ceux modifiant les sols exondés, peuvent prendre le relais (C.VALENTIN - 1982 - 1985)

3.3. Site B, sol en son état naturel - comparaisons B1, M2-3

3.3.1. Les coefficients de ruissellement

Il a été distingué sur la parcelle B1 deux organisations superficielles en des proportions à peu près équivalentes, en fait, les 51 % de recouvrement sableux (RS) sont moins épais et nettement plus discontinus que ceux du site A; en effet, le piègeage des sables éoliens s'y opère surtout au niveau des lamelles argilo-limoneuses de décantation rebroussées par désiccation et ces sables se trouvent assez rapidement entraînés par les premiers ruissellements. Les situations B1 et M2-3 ne sont donc pas aussi dissemblables que ce que pourrait laisser supposer cette partition identifiée sur B1 (tabl. II). La comparaison est encore acceptable sans qu'il soit cependant possible d'effectuer une pondération des données.

Les droites de régression de SPU sur SL (Fig. n° 3) ont des pentes voisines, les coefficients de ruissellement très élevés restent comparables (rangées 7 et 8 du tableau IV). L'effet échelle ne joue que très peu et l'on peut attribuer les quelque 10 % de différence aux infiltrations plus importantes des premières pluies sous simulateur.

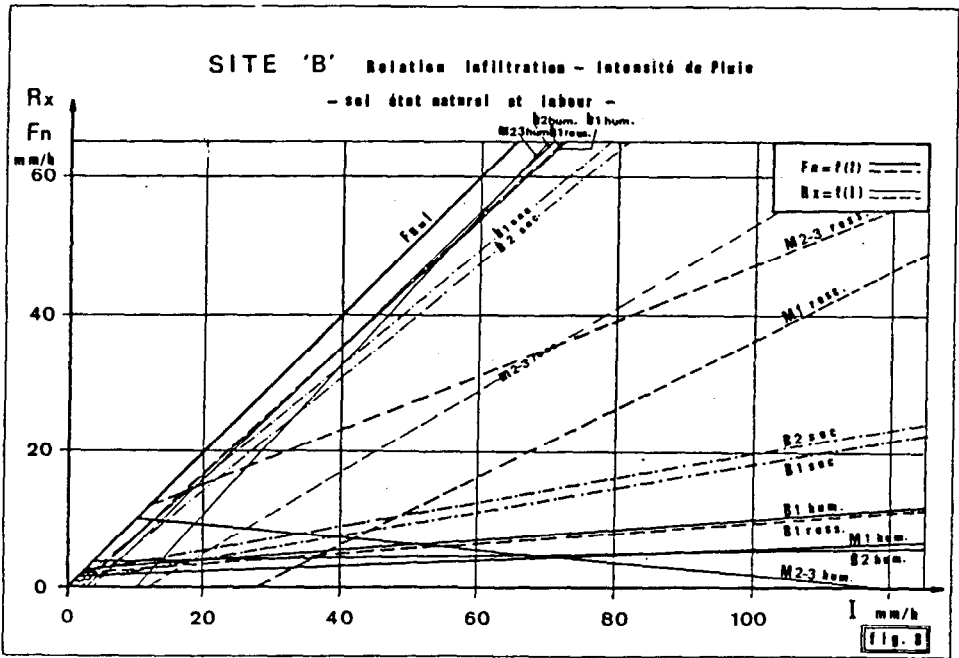
Les hauteurs de pluies d'imbibition participent aux infiltrations dans des proportions voisines ($SPI/SW = 0,43$ et $0,39$ sous les deux dispositifs, mais on remarque une influence plus forte de la première pluie sous infiltromètre [tabl. V])

3.3.2. Les intensités d'infiltration à régime constant (fig. n° 8 et tabl. n° VI)

L'influence des différences d'humectation sur le coefficient k est discrète sous simulateur, importante sous

infiltromètre. Les intensités limites (I_l), bien que faibles, sont 5 fois plus importantes sous infiltromètre mais leur valeur, obtenue graphiquement, est surévaluée. C'est une conséquence du mode d'humectation assez particulier des sols vertiques: dès les premières pluies, on assiste à une désagrégation d'une partie des structures du premier horizon qui peut atteindre la limite de liquidité et constituer une boue fluante colmatant le réseau de fissures parcourant la parcelle tandis que des "noyaux" de sol. sec peuvent subsister assez longtemps dans les horizons sous-jacents. Cette désagrégation est probablement aussi rapide sur les deux parcelles, il apparaît par contre que les rapports D_r/L des différentes pluies atteignent souvent des valeurs de 0,25 à 0,35 traduisant un ennoyage des parcelles pour les plus fortes intensités, avec des effets plus immédiats sur 1 m² que sur 50 m², on note ainsi [fig. 8]:

- une pente négative de la droite de régression de I sur F_n (M2-3 hum.),
- une intensité limite I_l surévaluée sur sol très humide.



Ajoutons que les sols vertiques, et a fortiori les vertisols, ont toujours été très difficiles à étudier sous simulation de pluie, d'une part à cause du réseau de fissuration qui introduit une grande hétérogénéité non intégrable même sur 50 m² et également à cause de la dynamique des alternances de gonflement-retrait des argiles qui modifie de façon peu prévisible les porosités superficielles et profondes

3.4. Site B, sol labouré - comparaison B2, M1

3.4.1. Les coefficients de ruissellement

Les comportements restent identiques avec une imperméabilisation due à la constitution rapide d'une pellicule boueuse au dépens du labour dont le rôle sur l'infiltration est non seulement nul mais en plus négatif si l'on se réfère aux résultats fournis par le même type de sol en son état naturel (Fig. n° 3 et rangées 9 et 10 du tableau IV).

3.4.2. Les intensités d'infiltration à régime constant (fig. n° 8 et tableau IV)

Sous simulateur, les intensités limites restent faibles et voisines quelles que soient les humidités préalables des sols, ceci traduit, même sur sol initialement sec, la désagrégation des mottes qui se manifeste donc dès les premières pluies. Sous infiltromètre, tout se passe comme si les porosités créées par le labour résistaient plus longuement avec, sur sol ressuyé, une intensité limite (I_l) de 27,8mm/h ce qui est en contradiction avec le schéma général. Cette distorsion est la conséquence d'une différence de protocole entre les deux dispositifs : un fractionnement plus important des pluies lors des premières averses sous infiltromètre, permet de détailler d'avantage les premières réactions du sol et optimiser les plus fortes infiltrations. Pour les plus fortes intensités, on retrouve des intensités limites très faibles et la différence B2 - M1 n'est plus significative.

3.5. Site C, sol en son état naturel :: comparaisons C1, N1, N2

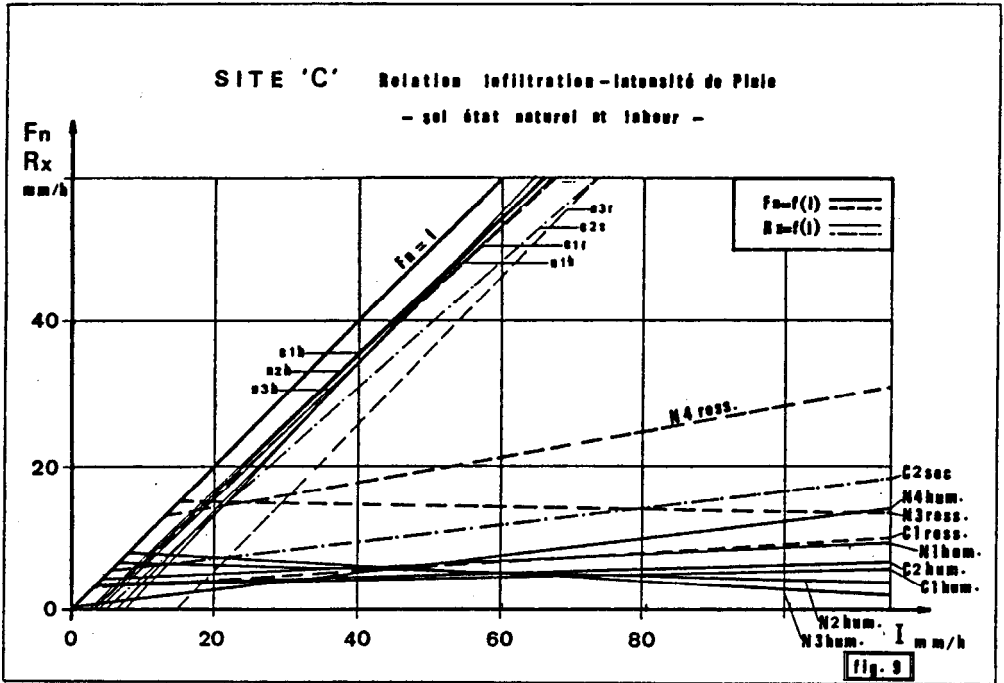
3.5.1. Les coefficients de ruissellement

Une pondération des coefficients de ruissellement tenant compte des superficies occupées sur 50 m² par les organisations superficielles de type N1 (AS) et de type N2 (AG/N plus ou moins assimilable à N) permet une comparaison des données (tabl. IV, rangées 11, 12 et 13) : les deux coefficients de ruissellement sont pratiquement égaux (86,9 et 86,4 %), le faisceau des droites de régression de S_{Pu} sur S_L de N1 et N2 contient la droite C1 (figure n° 4). Les deux dispositifs détectent de façon identique une forte imperméabilité des sols de ce site et le facteur échelle ne semble pas intervenir dans ces conditions. On remarquera une très faible influence des organisations superficielles de type AS sur la perméabilité alors que celles-ci constituaient les lieux d'infiltration préférentielles sur le site A. Il s'agit en fait de matériaux d'origine et de configuration différentes : alors que ces recouvrements d'origine éolienne étaient constitués en grande partie de limons et sables fins sur le site A, il s'agit sur le site C principalement de sables grossiers d'origine colluviale et contenant d'assez nombreuses interstratifications horizontales d'éléments fins. Chaqueaverse déplace les lieux de départ et de dépôts de ces éléments en fonction de la micro-topographie et de l'épaisseur et de la compétence de la lame ruisselante.

Les hauteurs de pluie d'imbibition interviennent à un niveau élevé dans l'infiltration de la parcelle N2 qui, toutes proportions gardées, est la plus imperméable mais on remarque que le

rôle des premières pluies des parcelles infiltromètre n'est plus déterminant comme cela était le plus souvent le cas sur les sites A et B; ceci traduit une faible évolution des caractéristiques structurales de la surface tout au long des pluies (tabl. V).

3.5.2 Les intensités d'infiltration à régime constant



Les deux types de parcelles (C1, N1 et N2 hum.) possèdent un comportement de surface homogène (Fig. n° 9). La quasi totalité des parcelles participe d'emblée au ruissellement comme le prouvent des coefficients K voisins de l'unité, l'intensité limite (Il) devient dès lors très proche de la conductivité hydraulique à l'état humide et atteint environ 5 mm/h. On notera également une très faible différence de comportement entre les parcelles N1 et N2 qui avaient pourtant été distinguées morphologiquement (tabl. VI et rangées n° 11, 12 et 13).

L'évolution des deux types de parcelles et, à l'intérieur de ceux-ci, des organisations superficielles, est faible tout au long des averses si l'on se réfère aux relations $F_n = f(SR)$ ce qui confirme l'hypothèse précédente (fig. n° 10), d'autre part, les vitesses de leurs transformations, sur 1m² et sur 50m² sont voisines sinon identiques (C1 et N1).

3.6. Site C, sol labouré - comparaisons C2, N3, N4

3.6.1 Les coefficients de ruissellement

Contrairement aux essais effectués sur les autres

sites, les parcelles infiltromètre N1 et N2 ont été labourées en fin de protocole appliqué aux sols en leur état naturel, cette transformation est repérée par leur nouvelle désignation en N3 (ex N1) et N4 (ex N2). Comme sur les autres sites, le labour amène une destruction de leurs organisations superficielles respectives et une homogénéisation des 15 à 20 premiers centimètres

Le comportement des trois parcelles reste caractéristique de sols très peu perméables (Fig. n° 4 et rangées 14, 15 et 16 du tableau IV), mais on remarque, qu'exceptionnellement, la parcelle de 50 m² fournit des coefficients de ruissellement plus élevés ce qu'il est difficile d'expliquer à ce niveau d'analyse.

La participation des pluies d'imbibition à l'infiltration générale (tabl.n° V) est plus faible que pour les sols en leur état naturel mais l'influence de la première pluie est plus grande ce qui est généralement le cas des sols labourés.

La réaction de la parcelle N4 se sépare assez nettement de celle des parcelles C2 et N3, il convient de voir alors quelle peut être l'influence de la légère charge en éléments grossiers.

3.6.2. Les intensités d'infiltration à régime constant (Fig. n° 9 et tableau VI)

Les parcelles C2 et N3 acquièrent, aux états humides, un comportement de surface homogène avec des coefficients "k" proches de l'unité tandis que leurs intensités limites (I_l) deviennent faibles et rejoignent celles de sols non labourés. Un ennoyage aux fortes intensités de la parcelle N3 amène une surévaluation de I_l.

SITE 'C' Relation Infiltration-Erosivité

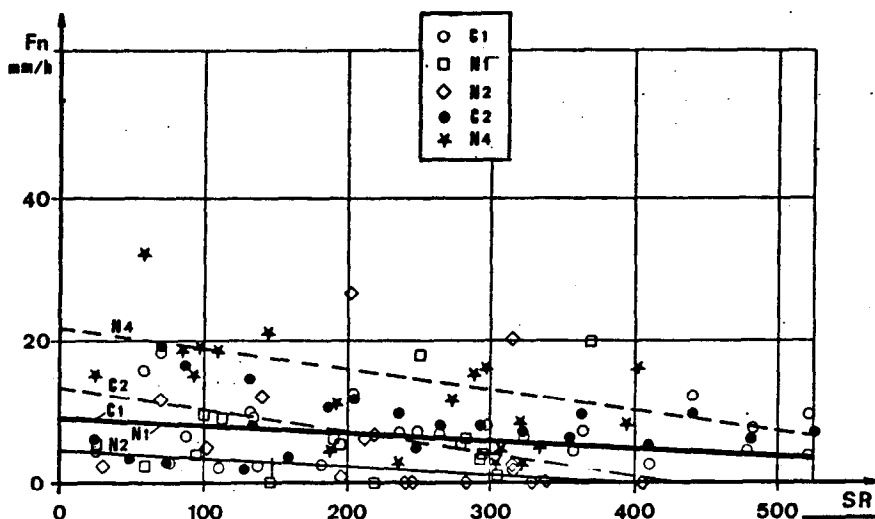


Fig. 10

Par contre, la parcelle N4 acquiert, après labour, un comportement de surface hétérogène même pour les plus fortes humidités, il faut trouver là l'influence des éléments grossiers épanchés sur sa surface après la désagrégation des mottes; cette accumulation relative reste cependant trop faible pour que l'on puisse déjà évoquer leur action protectrice, aussi son infiltrabilité restera-t-elle contrôlée par les modifications des matériaux remaniés plus fins que ceux de la parcelle N3 où le labour a incorporé les interstratifications de sables grossiers.

Les transformations superficielles de structure [relations $F_n = f(SR)$ de C2 et de N4] sont plus rapides que pour les sols en leur état naturel, mais on note, comme pour le cas précédent, des vitesses de transformation identiques sur les deux superficies (Fig. n° 10).

4. CONCLUSION

En prenant la précaution préliminaire de restreindre la portée de cette étude aux sols des régions sahéliennes généralement peu perméables en début de saison des pluies et où l'action interceptrice du couvert végétal ne peut pas encore jouer, il apparaît que le facteur échelle intervient peu dans leurs comportements hydrodynamiques lorsque l'on passe de 1 m^2 à 50 m^2 ; on constate en effet:

- une discrimination identique entre les sols moyennement perméables du site A et les sols très peu perméables des sites B et C,
- un classement similaire des différences de leurs comportements,
- à un autre niveau d'analyse permettant d'obtenir les valeurs absolues des paramètres du ruissellement et de l'infiltration, les deux superficies mettent en évidence les mêmes distinctions entre des "surfaces à comportement homogène" (indépendance de F_n et I) et des "surfaces à comportement hétérogène" (dépendance apparente de F_n à I),

- sur les surfaces homogènes, qu'il s'agisse de sols en leur état naturel où préexistent des organisations superficielles contrôlant l'hydraulicité du profil, ou de sols labourés où se reconstituent les mêmes organisations, les conductivités hydrauliques que l'on peut identifier à l'intensité limite sur les sols saturés, restent remarquablement voisines sur les deux superficies,

- sur les surfaces hétérogènes, par contre, les données fournies peuvent différer sensiblement; le problème est alors de savoir si cette différence est imputable à l'apparition de nouveaux processus induits par l'allongement de la parcelle ou alors, à une intégration des hétérogénéités plus grande sur 50 m^2 que sur 1 m^2 :

- * nouveaux processus induits par l'allongement de la parcelle- l'examen de la micro-topographie ne permet pas de détecter sur 50 m^2 une accentuation de la hiérarchisation du ruissellement, d'autre part, des études antérieures (A.LAFFORGUE, E.NAAH - 1976-) basées sur l'allongement artificiel d'une parcelle plane et imperméable, ont montré que, dans la limite de 2m à 10 m, cet allongement était très peu déterminant dans l'augmentation de la hauteur de la lame d'eau ruisselante; les modifications de l'inclinaison de la pente sont par contre plus influentes mais ceci ne peut pas servir d'argument dans le cas présent car les pentes sont identiques au niveau des deux dispositifs,

- * effet intégrateur des hétérogénéités- c'est ce qui est apparu aux différents niveaux de l'analyse: a) présence en

début d'averse, d'un plus grand nombre de site où I est inférieur à K_{sat} ; b) en cours d'averse, modification plus longue des organisations superficielles d'où une dynamique de transformation pouvant paraître plus lente, donc incomplète, sur 50 m^2 , c) instauration plus rapide sur 1 m^2 du régime permanent de l'infiltration limitant la durée de la phase transitoire mais non pas celle de la phase d'imbibition comme nous l'avons constaté.

Les seules modifications de processus ne seraient imputables qu'à des protocoles occasionnellement inadaptés provoquant des ennoyages aux plus fortes intensités, donc des interceptions d'énergie de pluie anormales, ces conditions d'ennoyage étant plus rapidement atteintes sur les parcelles de faible superficie.

Il est donc difficile, sinon impossible, de quantifier l'effet échelle sur des sols peu perméables sujets au colmatage superficiel lorsque l'on passe de 1 m^2 à 50 m^2 , ceci plaide en faveur de l'utilisation d'un dispositif plus facile à mettre en œuvre au moins dans cette zone climatique. Il conviendra par contre de multiplier les sites expérimentaux dans les zones plus humides où, les facteurs d'hétérogénéité augmentant, il devient obligatoire de tester un plus grand nombre de situations.

Bibliographie

- ASSELINE [J.], VALENTIN [C.] - 1978 - Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., 15, [4] pp: 321-350.
- BRUNET MORET [Y.] - 1963 - Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale. République de Haute Volta. C.I.E.H., ORSTOM Ouagadougou, Paris.
- CASENAVE [A.] - 1982 - Le mini-simulateur de pluie: conditions d'utilisation et principes de l'interprétation des mesures. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., 19 [4], pp: 202-227.
- CHEVALLIER [P.] - 1982 - Simulation de pluie sur deux bassins versants sahéliens (mare d'Oursi - Haute Volta). Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., 19, [4],
- CLAUDE [J.], BERNARD [A.], SAADOUN [N.], BARDIN [E.], LOINTIER [M.] - 1978, 1981 - Etude hydrologique de sept bassins versants de la mare d'Oursi. Rapports des campagnes 1976 à 1980, IV tomes, ORSTOM, Ouagadougou.
- COLLINET [J.], LAFFORGUE [A.] - 1979 - Mesure du ruissellement et de l'érosion sous pluies simulées pour quelques types de sols de Haute Volta. ORSTOM, Adiopodoumé, 125 p., 122 fig..
- COLLINET [J.], VALENTIN [C.] - 1979 - Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives. Applications agronomiques. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 17, [4], pp: 283-328, 16 tabl., 26 fig., 1 carte, 27 réf.
- C.P.C.S. - 1967 - Classification des sols. Travaux de la Commission de la Pédologie et de la Cartographie des sols. E.N.S.A de Grignon, m 4 tigr., 87 p..
- JOLY [F.], DEWOLF [Y.], RIOU [R.] - 1980 - Le bassin de la mare d'Oursi (Haute Volta). Etude géomorphologique et géodynamique. Contraintes naturelles. Université de Paris VII. Laboratoire de Géographie Physique. D.G.R.S.T. Paris.
- KOHLER [M.A.], LINSLEY [R.K.] - 1951 - Predicting the runoff from storm rainfall. Weather Bureau, U.S. Dep. of Commerce, Research Paper, n° 34, Washington, Sp., 7 fig..
- LAFFORGUE [A.] - 1977 - Inventaire et examen des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles. Application à une exploitation méthodique des données obtenues sous simulation de pluies. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., 14 [4], pp. 299-344.
- LEPRUN [J.C.] - 1977 - Esquisse pédologique à 1/50000 des alentours de la mare d'Oursi avec notice et analyse de sols. DGRST. Ministère du Plan de la République de Haute Volta. 53 p., 1 carte à 1/50000 h.t..
- ROOSE [E.] - 1976 - Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Sér. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, Paris. n° 78, 108p.
- VALENTIN [C.] - 1985 - Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols des régions subdésertiques (Agadez, République du Niger) - Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau. ORSTOM; Sér. Etudes et Thèses; Paris. 259 p..
- WISCHMEIER [W.H.], SMITH [D.D.] - Rainfall energy and its relationship to soil loss trans. Amer. Geophys. Union; n° 39 pp. 285-291.
- WISCHMEIER [W.H.], SMITH [D.D.] - 1960 - An universal loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7th. Intern. Congr. of Soil.

Liste des tableaux et figures

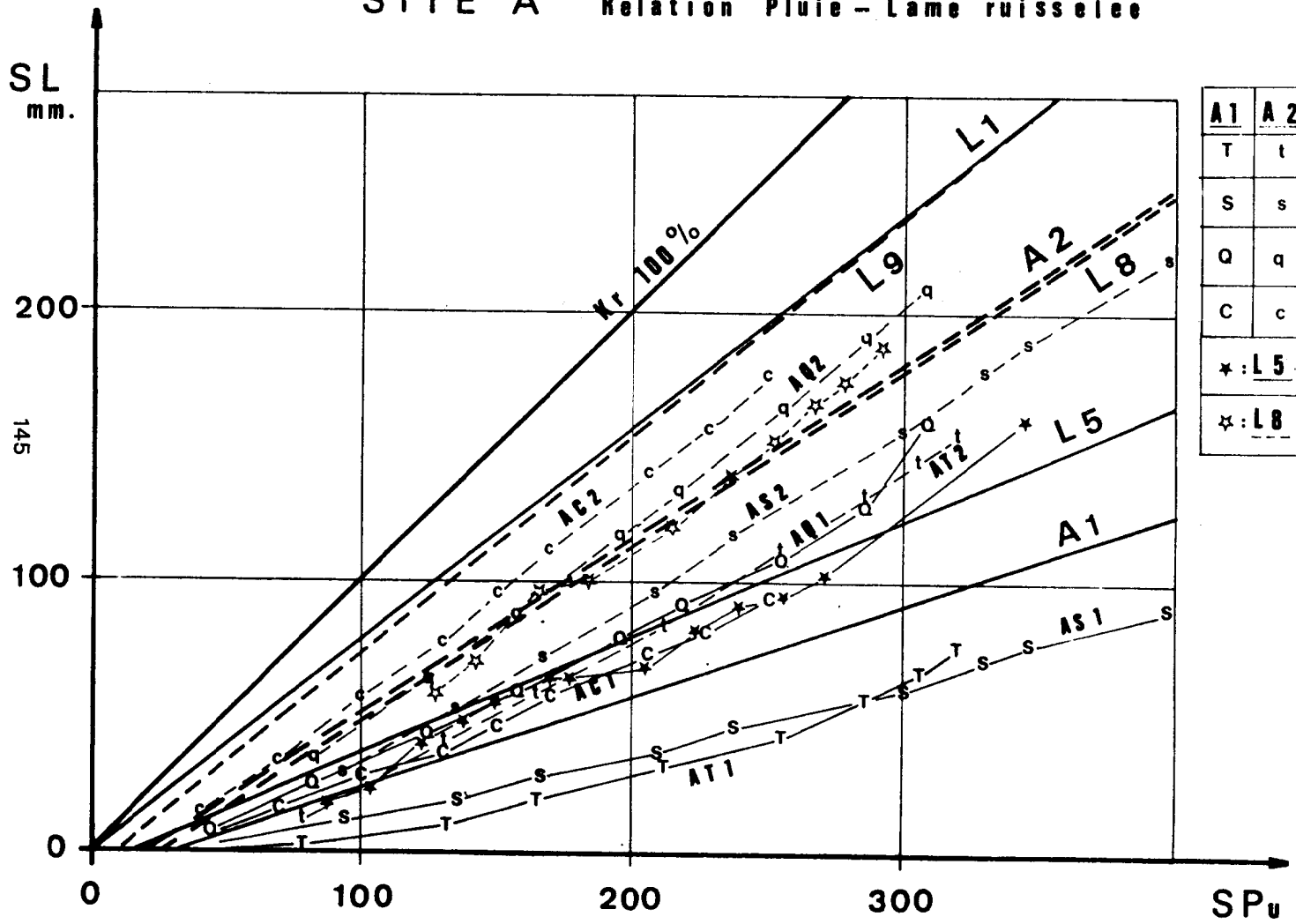
Tableaux

	pages
I : Situations expérimentales testées sous infiltromètre	5
II: Etats de surface des parcelles simulateur et degré d'occupation	6
III: Comparaisons possibles des données fournies par les deux dispositifs	6
IV: Comparaison des paramètres du ruissellement sous infiltromètre et sous simulateur pour une érosivité cumulée "SR" de 225	10
V : Infiltration assurée par la pluie d'imbibition sous infiltromètre et sous simulateur pour une érosivité cumulée "SR" de 225	11
VI Comparaison des paramètres de l'infiltration sous infiltromètre et sous simulateur	12

Figures

1 : Mare d'Oursi: protocoles expérimentaux utilisés en simulation de pluie	5
2 : Site A ,relation pluie-lame ruisselée	8
3 : Site B ,relation pluie-lame ruisselée	8
4 : Site C ,relation pluie-lame ruisselée	9
5 : Site A ,relation infiltration-intensité de pluie- sol état naturel	13
6 : Site A , relation infiltration-érosivité	14
7 : Site A , relation infiltration-intensité de pluie- sol labouré	15
8 : Site B , relation infiltration-intensité de pluie - sol état naturel et labour	17
9 : Site C , relation infiltration-intensité de pluie - sol état naturel et labour	19
10 : Site C , relation infiltration-érosivité	20

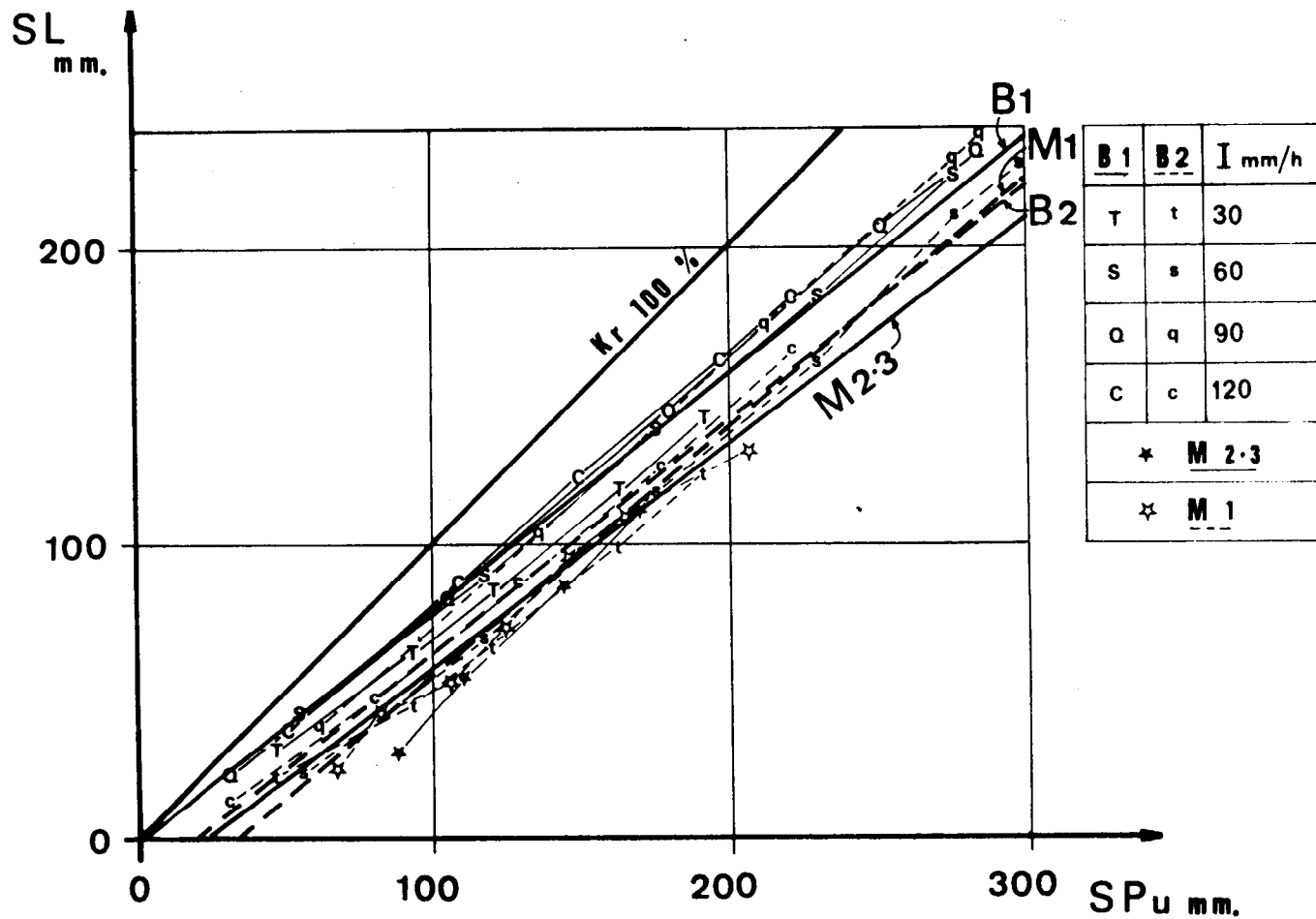
SITE 'A' Relation Pluie - Lame ruisselée



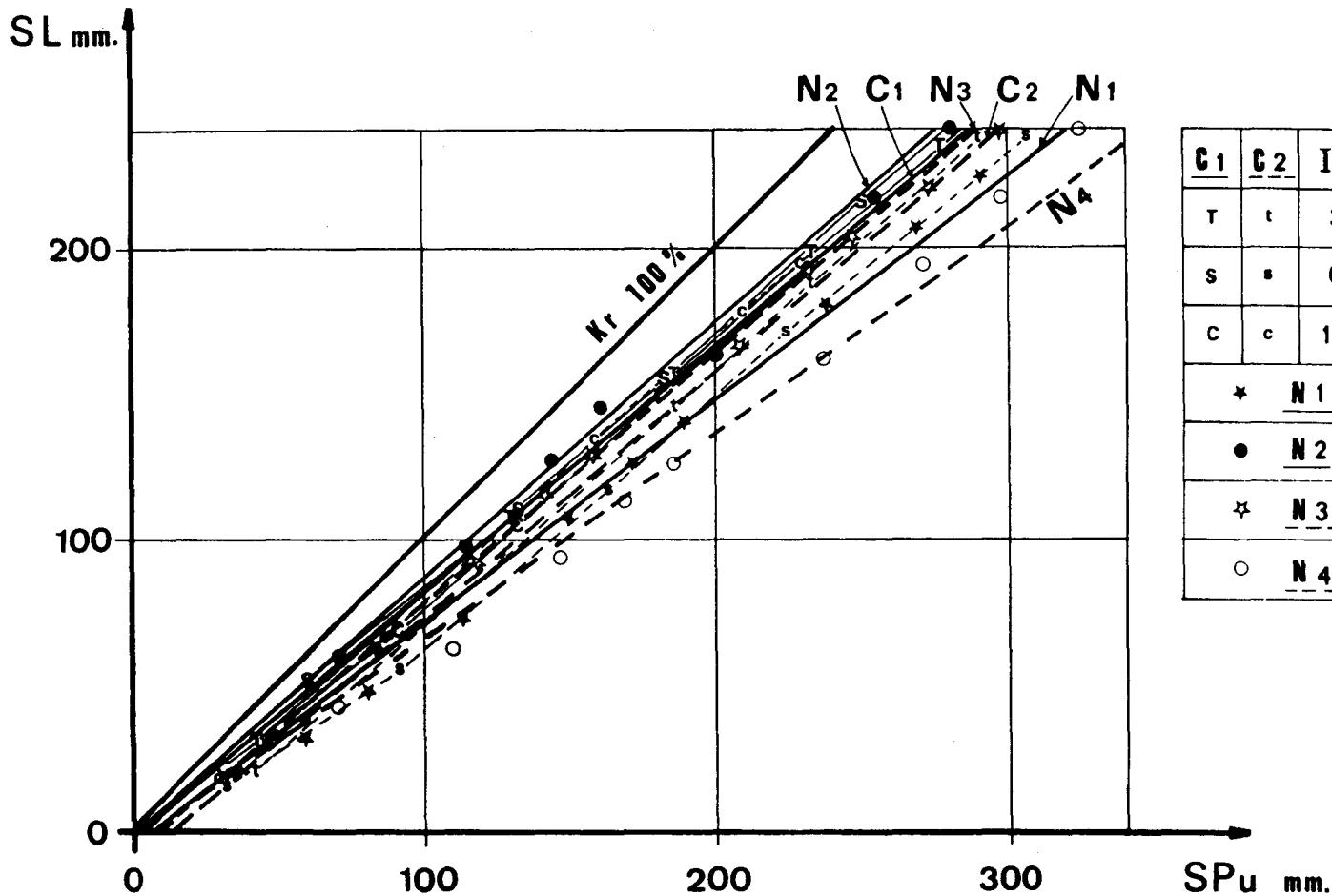
A1	A2	I
T	t	30 mm/h
S	s	60 mm/h
Q	q	90 mm/h
C	c	120 mm/h
* : L5		
☆ : L8		

fig. 2

SITE 'B' Relation Pluie - Lame ruisselée



SITE 'C' Relation Pluie - lame ruisselée



<u>C1</u>	<u>C2</u>	I mm/h
r	t	30
s	s	60
c	c	120
★		<u>N1</u>
●		<u>N2</u>
☆		<u>N3</u>
○		<u>N4</u>

fig. 4

SITE 'A'

Relation Infiltration - Intensité de Pluie

- sol état naturel -

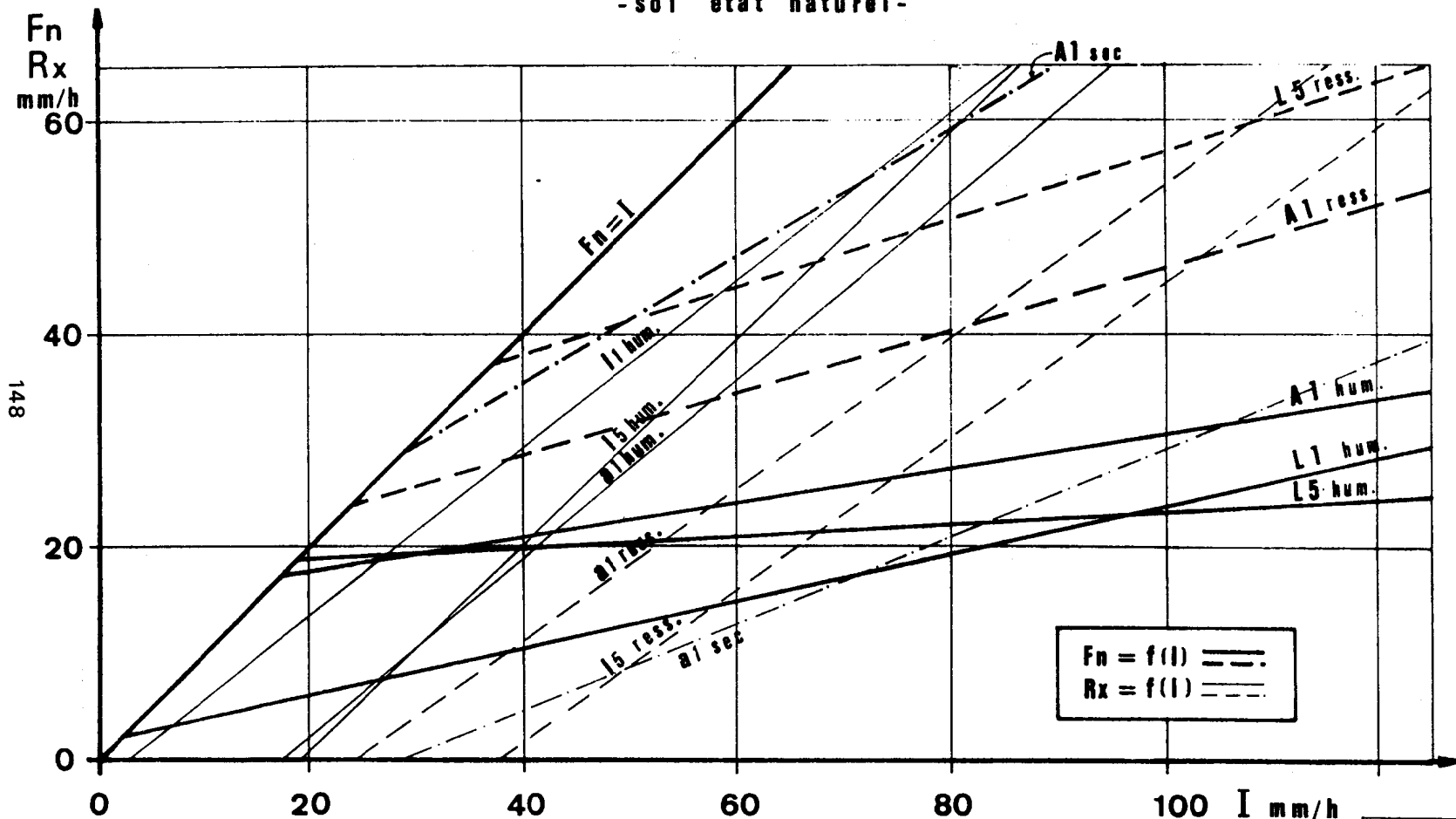


fig. 5

SITE 'A' Relation Infiltration - Erosivité

149

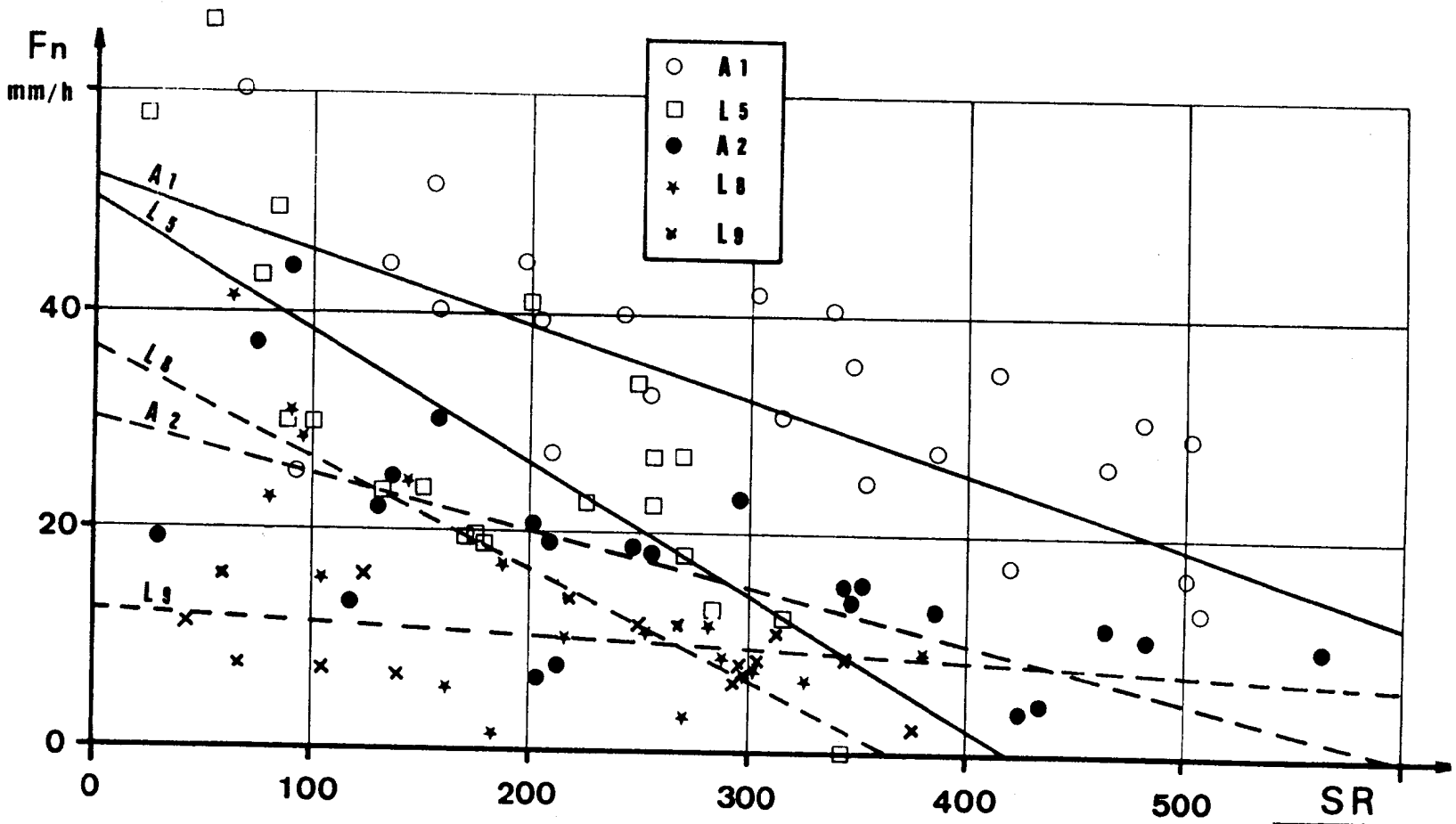


fig. 6

SITE 'A' Relation Infiltration - Intensité de Pluie
 - sol labouré -

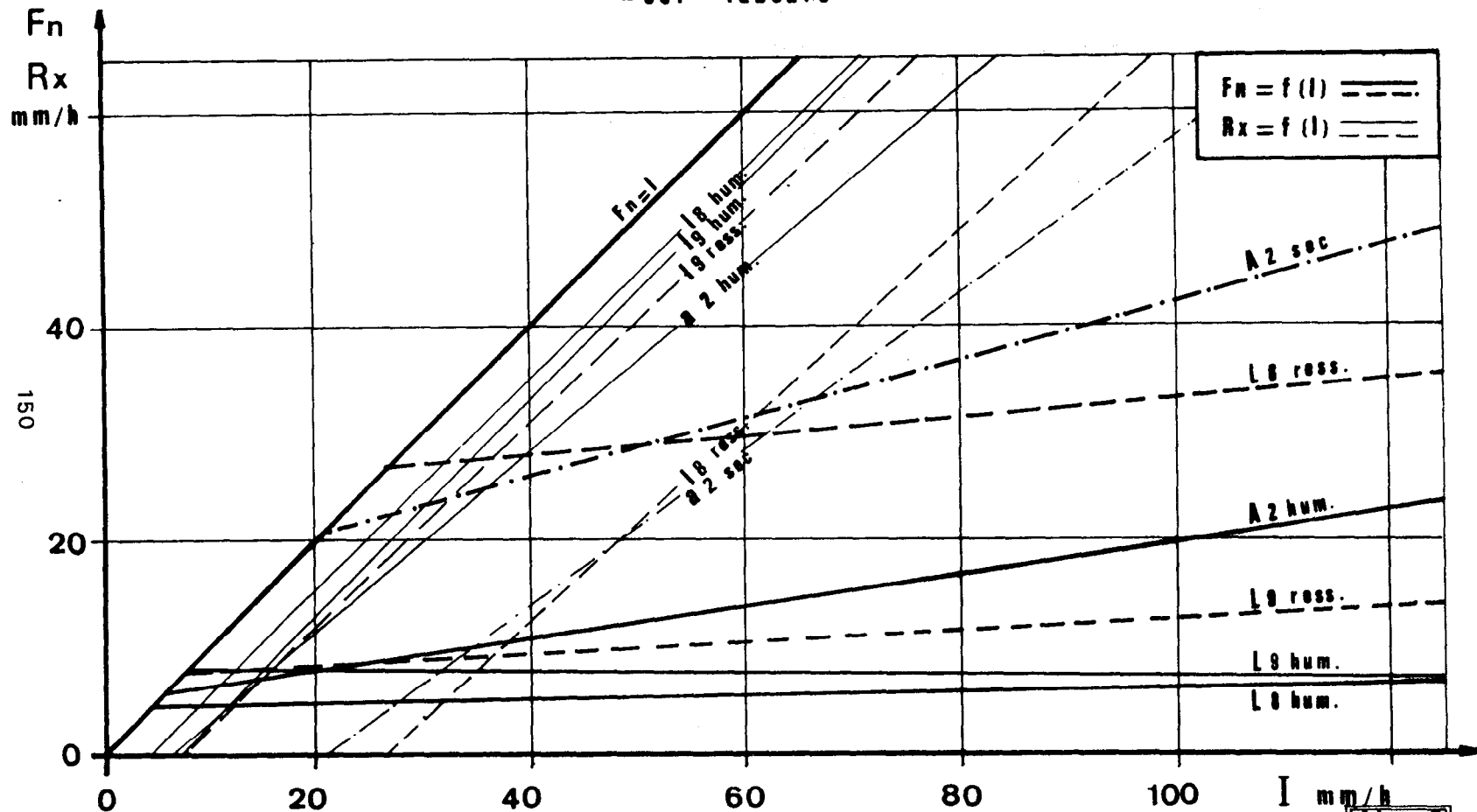
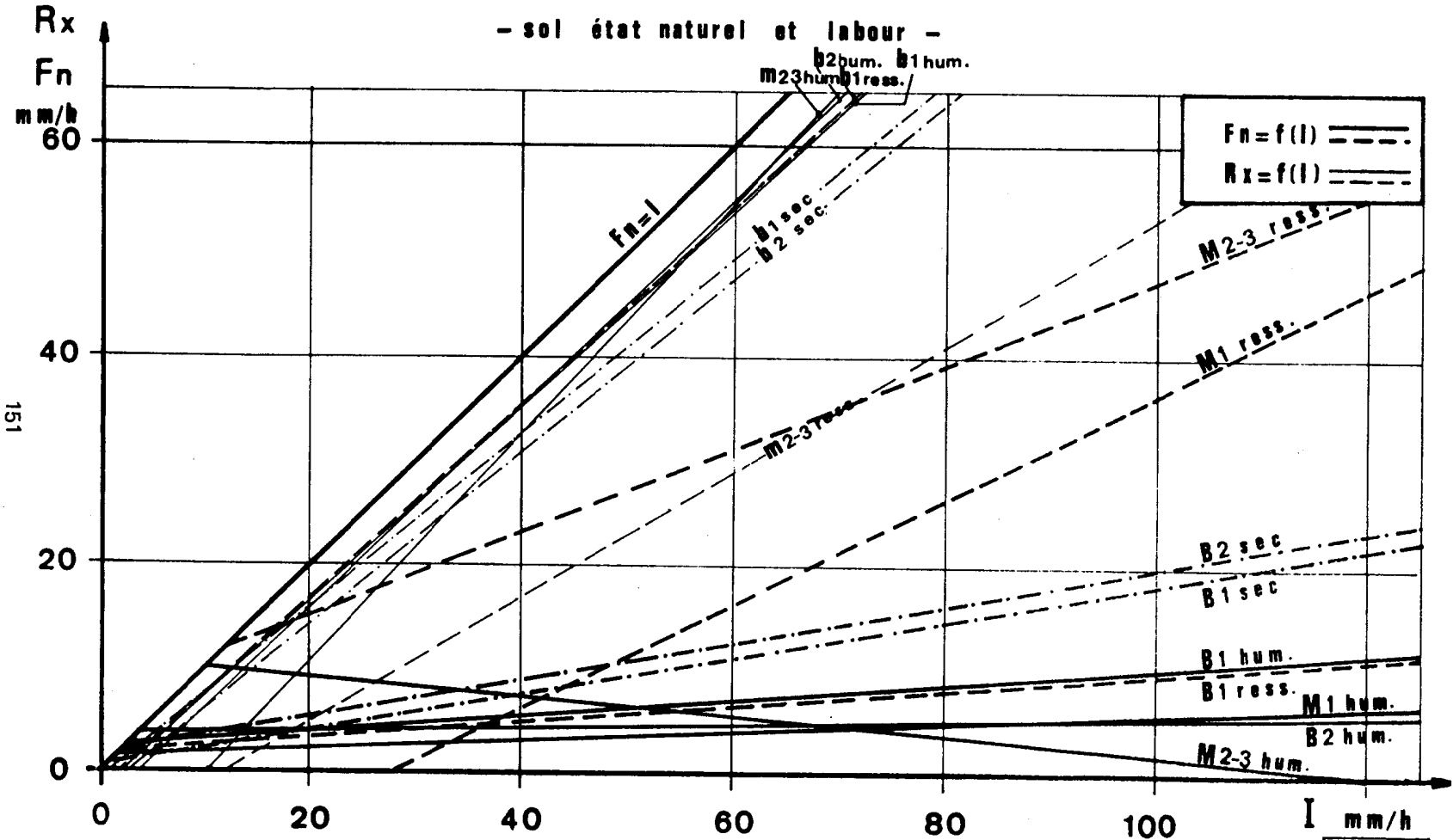


fig. 7

- sol état naturel et labour -



151

fig. 8

SITE 'C' Relation Infiltration - Intensité de Pluie
 - sol état naturel et labour -

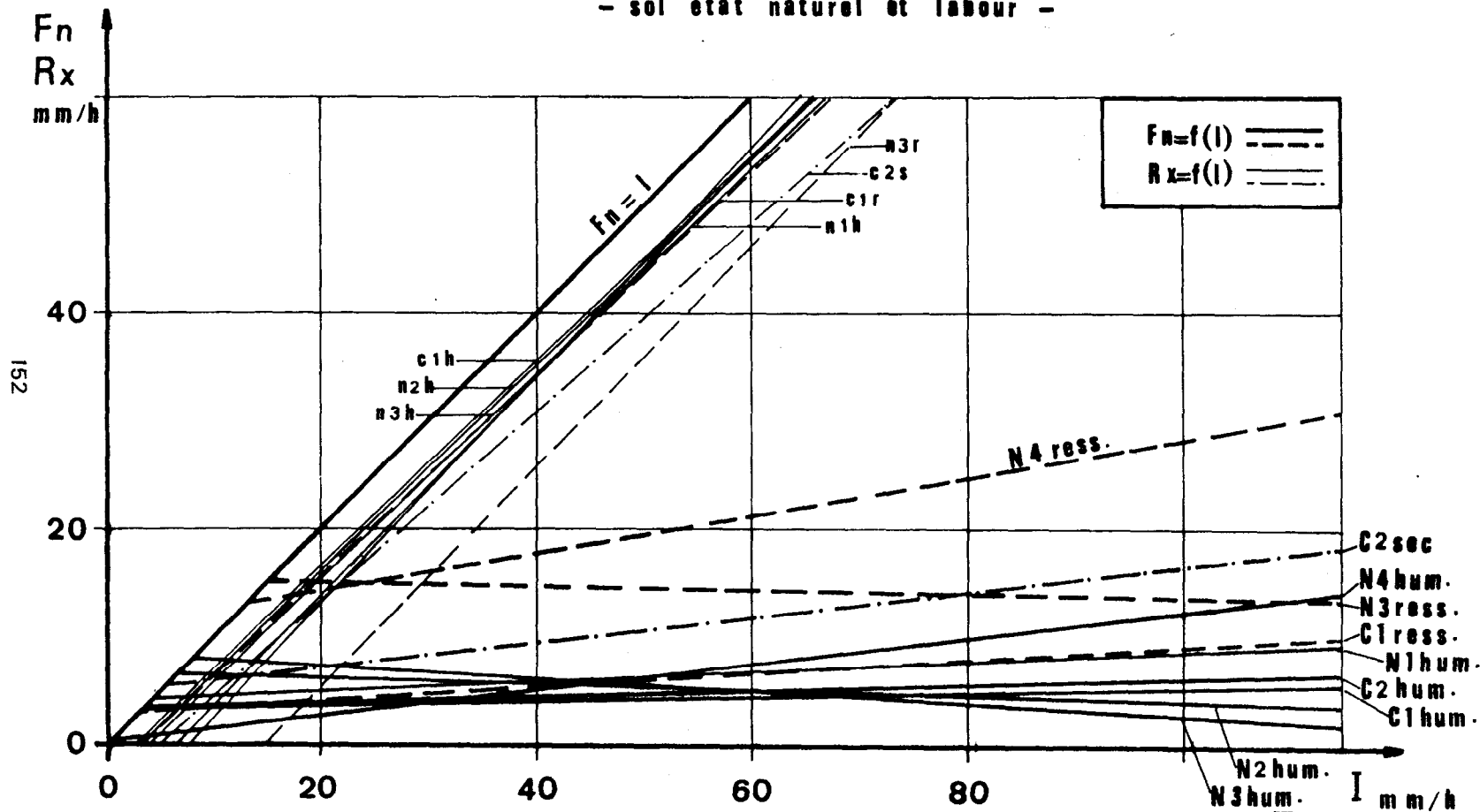


fig. 9

SITE 'C' Relation Infiltration-Erosivité

153

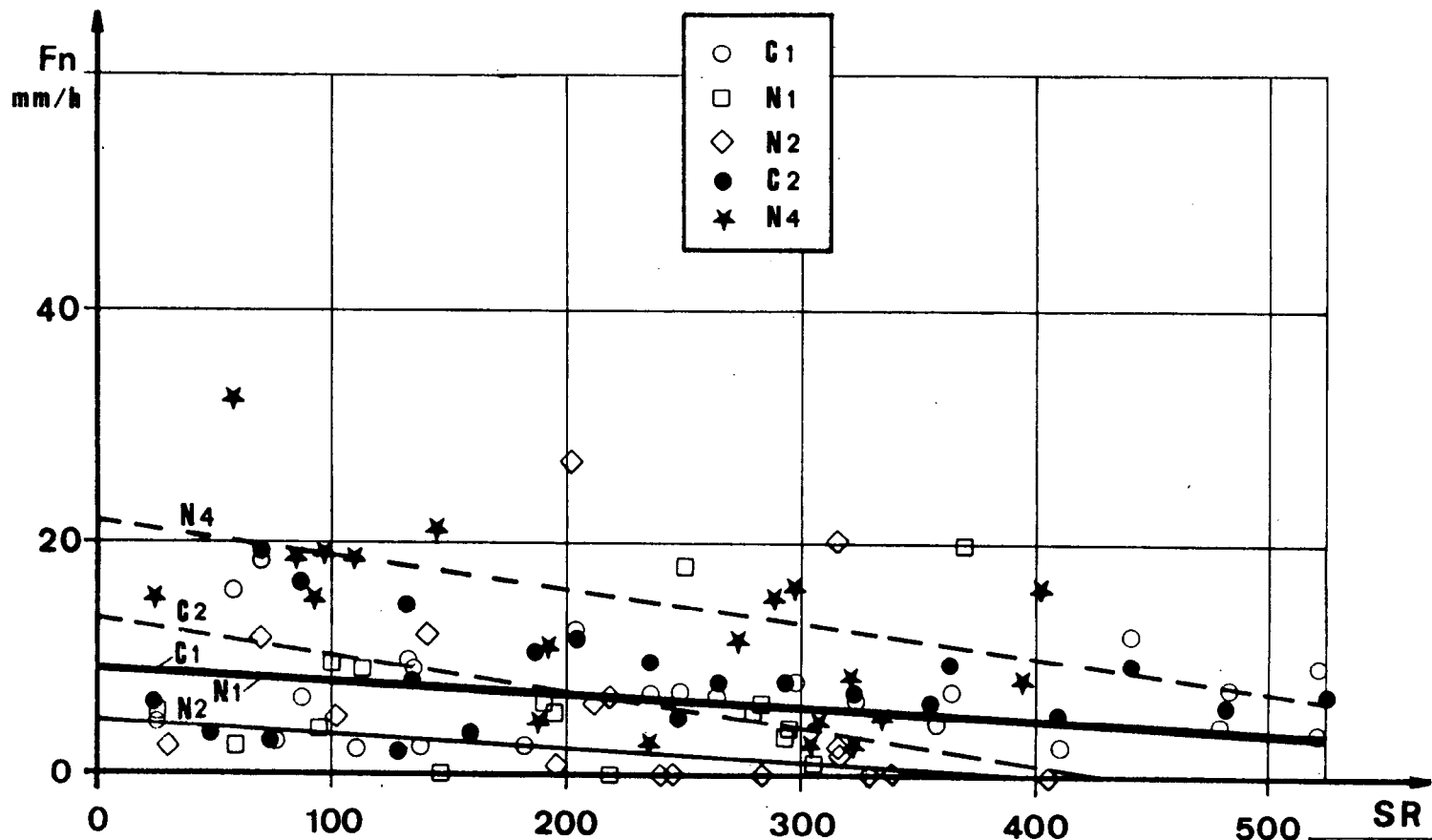


Fig. 10