

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE D'ADIOPODOUME

B.P. V-51 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

Laboratoire de Pédologie

HYDRODYNAMIQUE SUPERFICIELLE ET ÉROSION COMPARÉES
DES SOLS REPRÉSENTATIFS DES SITES FORESTIERS ET CULTIVÉS
DE LA STATION ÉCOLOGIQUE DE TAÏ (SUD-OUEST IVOIRIEN)

PREMIER BILAN SUR PARCELLES EXPERIMENTALES
RECEVANT DES PLUIES NATURELLES (Campagnes 1978-1979-1980)
ET SIMULEES (Campagnes de novembre 1978 et mars 1979)

par

J. COLLINET

mai 1983

HYDRODYNAMIQUE SUPERFICIELLE ET EROSION COMPAREES DES SOLS REPRESENTATIFS DES SITES FORESTIERS ET CULTIVES DE LA STATION ECOLOGIQUE DE TAÏ (SUD-OUEST IVOIRIEN). PREMIER BILAN SUR PARCELLES EXPERIMENTALES RECEVANT DES PLUIES NATURELLES (Campagnes 1978 - 1979 - 1980) ET SIMULEES (Campagnes de novembre 1978 et mars 1979).

1. OBJECTIFS

La préparation du sol pour l'installation de cultures traditionnelles en forêt ombrophile, sempervirente se traduit par d'importantes et brutales modifications du couvert végétal. Des équilibres édaphiques sont modifiés, sinon rompus, et l'un des problèmes que cela pose est précisément une évaluation du degré de réversibilité de certains seuils d'équilibre. Si l'on connaît assez bien les répercussions sur le milieu des techniques de mise en valeur très élaborées, nous manquons par contre d'informations sur l'influence des techniques culturales itinérantes généralement plus frustes et qui ont la réputation, fondée ou non, de permettre une reconstitution à plus ou moins long terme, du milieu forestier originel.

C'est pour tenter de résoudre ce problème qu'un des programmes du projet Taï concerne l'"évolution de milieu physique" (71.01) ; parmi les opérations menées dans le cadre de ce programme, il sera plus particulièrement question ici de deux éléments marqueurs de cette évolution que constituent les suivis de l'hydrodynamique superficielle du sol et de son érosion.

2. METHODOLOGIE - LOCALISATION DES ESSAIS

L'hydrodynamique superficielle et l'érosion des sols ont été suivis dans le temps et dans l'espace à l'aide de parcelles expérimentales de ruissellement et d'érosion installées sous la forêt naturelle considérée comme le milieu de référence et sous les cultures traditionnelles et ce pendant trois années. Les observations ont porté également sur différentes échelles spatiales depuis la parcelle de quelques dizaines de mètres carrés jusqu'au bassin versant kilométrique, cette démarche devant permettre, d'une part de localiser dans le paysage les zones les plus sensibles à la dégradation et d'autre part de recueillir des informations sur l'articulation des comportements ponctuels des multiples unités naturelles constituant ce paysage. Ceci pose le problème de l'extrapolation des données lors des différents franchissements d'échelles de mesure qui ne sera cependant pas traité dans ce premier bilan.

Les premières reconnaissances pédologiques ont porté sur environ 10 000 ha et se sont déroulées en 1976, elles ont permis de s'assurer de l'homogénéité et de la représentativité de la zone

d'étude et de choisir les différents sites expérimentaux.

Les interfluves atteignent en moyenne 1 000 m d'extension latérale et 40 à 50 m de dénivellation, leur profil est convexo-concave avec des sommets parfois plans où subsistent quelques lambeaux de cuirasse très fragmentée. Les bas-fonds sont plats, larges de quelque 100 à 150 m, marécageux et de pente longitudinale faible.

La différenciation séquentielle des sols s'y présente de la façon suivante :

- du *sommet jusqu'à la mi-versant* (pente de 0 à 20%) on trouve sur 70 cm une accumulation gravillonnaire (50% en volume) dans une matrice argileuse rouge de structure bien développée polyédrique fine à moyenne, de 70 à 180 cm on observe des argiles meubles (55 à 60% d'argile) rouges, à structure polyédrique et grenue fine et très fine ; les altérations ferrallitiques du granite apparaissent vers 180, 200 cm et se poursuivent très profondément. Il s'agit de "sols ferrallitiques fortement désaturés, remaniés modaux" (CPCS 1967),

- de la *mi-versant jusqu'au tiers inférieur*, soit sur environ 100, 150 m, et sur des pentes passant de 20 à 5%, on observe une diminution des affleurements gravillonnaires. Ceux-ci se recouvrent de quelque 10, 20 cm de sables argileux passant ensuite à des argiles sableuses jaunes. A l'horizon gravillonnaire qui ne fait plus que 20, 30 cm d'épaisseur succède un horizon légèrement tacheté argilo-sableux à argileux (40 à 50% d'argile). Les phases altéritiques n'apparaissent que vers 200 cm. Il s'agit de "sols ferrallitiques fortement désaturés, typique, remaniés" (CPCS 1967),

- du *tiers inférieur jusqu'en limite du bas-fond*, sur environ 100, 120 m l'horizon gravillonnaire disparaît. Depuis la surface jusqu'à 100 cm on découvre des horizons sableux puis argilo-sableux (40% d'argile) jaunes pâles, massifs, à faible porosité fine mais traversés par de gros drains d'origine biologique. En limite inférieure on retrouve un horizon fortement tacheté et très souvent induré en carapace à partir de 120 cm. Les altérités sont rarement situées à moins de 200 cm. Il s'agit de "sols ferrallitiques fortement désaturés colluvionnés, indurés" (CPCS 1967),

- les *bas-fonds* sont occupés par des sols hydromorphes minéraux à gley d'ensemble" (CPCS 1967) souvent de textures très hétérogènes (sables grossiers blancs à intercalations argilo-limoneuses grises).

La surface du sol est plane, à affleurement de gravillons jusqu'à la mi-versant, à partir de là, un micromodelé plus ou moins ample canalise le ruissellement en chenaux anastomosés de quelque 30 à 50 cm de large et de plus en plus encaissés vers l'aval (10 à 30 cm de dénivellation).

Cette différenciation des sols et son influence supposée sur leur hydrodynamique a permis de positionner 6 sites expérimentaux dont 3 sous forêt naturelle et 3 sous cultures traditionnelles. Au niveau d'un versant les sites ont été positionnés à faible distance sous le sommet (sols gravillonnaires), à la mi-versant (sols argilo-sableux sur gravillons), en bas de versant (sols sablo-argileux sur zone tachetée et carapace).

Les parcelles de ruissellement et d'érosion recevant des pluies naturelles font 250 m² (25 m x 10 m), sont munies à leur partie aval d'un dispositif permettant de récupérer les eaux de ruissellement et les terres érodées (canal de ruissellement et 2 à 3 cuves de 1 m³ munies de systèmes partiteurs).

Sous forêt et sous cultures, deux ensellements de versant ont également été aménagés avec un seuil de jaugeage collectant les eaux de 7,3 ha sous forêt et 3,2 ha sous culture.

Ces deux ensembles de dispositifs ont fonctionné de 1978 à 1981.

Des essais de simulation de pluies ont également été effectués fin 1978 et début 1979 sur des couples de parcelles de 50 m² ce qui a permis :

- d'augmenter rapidement le nombre de données en ce qui concerne les effets des caractéristiques pluviométriques (intensité, hauteur, temps de ressuyage entre deux pluies consécutives),
- de tester le comportement de sols soumis à d'autres traitements et notamment de déterminer l'érodibilité maximum des 3 types de sols, de tester l'effet de couverts végétaux différents et de connaître aussi les effets d'autres techniques culturales pratiquées par des ethnies allochtones migrant dans le Sud-ouest ivoirien.

Les données et interprétations qui suivent ne concernent que les résultats de campagnes 1978-1979 et 1980 provenant des parcelles "pluies naturelles" aussi que ceux des campagnes 1978-1979 de simulation de pluies. L'évaluation du facteur "échelle de mesure" nécessitant des traitements de données plus complexes ne sera donc pas abordé ici.

3. HYDRODYNAMIQUE SUPERFICIELLE ET EROSION COMPAREES DES SOLS SOUS FORET ET SOUS CULTURE (Parcelles pluies naturelles)

3.1. Résultats

TABLEAU N° I - Ruissellement, infiltration, érosion cumulés sur les sites forêt (F) et culture (C) en 1978 - 1979 - 1980.

Années	Parcelles F : forêt C : culture	1	2	3	4	5
		SP mm	SL mm	SW mm	Kr %	E kg/ha
1978 Forêt tropi- cale Riz pluvial sur défriche	F1 amont	1308,7	1,0	1307,7	0,08	(18,2)
	F2 médian	1308,7	122,6	1186,1	9,36	693,9
	F3 aval	1308,7	13,4	1295,3	1,02	155,7
	C1 amont	1401,1	76,0	1325,1	5,42	256,2
	C2 médian	1401,1	37,8	1363,3	2,70	187,2
	C3 aval	1401,1	76,7	1324,4	5,47	205,0
1979 Forêt tropi- cale Riz pluvial sur défriche	F1 amont	2211,3	13,4	2197,9	0,60	21,6
	F2 médian	2211,3	405,1	1806,2	18,32	1300,4
	F3 aval	2211,3	79,0	2112,0	3,57	115,8
	C1 amont	2073,6	149,4	1924,2	7,20	177,6
	C2 médian	2073,6	43,2	2030,4	2,08	75,3
	C3 aval	2073,6	145,6	1928,0	7,02	320,3
1980 Forêt tropi- cale Igname sur buttes	F1 amont	2042,1	18,3	2023,8	0,89	13,3
	F2 médian	2042,1	188,3	1853,8	9,22	783,9
	F3 aval	2042,1	46,2	1995,9	2,26	178,0
	C1 amont	2079,3	113,2	1966,1	5,44	259,7
	C2 médian	2079,3	162,9	1916,4	7,83	1503,4
	C3 aval	2079,3	225,9	1853,4	10,86	2485,3

() valeur peu sûre.

- Colonne 1 : SP hauteurs de pluies cumulées par année
 2 : SL lames ruisselées cumulées par année
 3 : SW lames infiltrées cumulées par année
 4 : Kr Coefficient de ruissellement = $\frac{100 SL}{SP}$ %
 5 : E érosions cumulées en kg/ha comprenant les suspensions et terres de cuves et canaux.

TABLEAU N° II - Moyenne des coefficients de ruissellement sur les différents sites.

	F1	F2	F3	C1	C2	C3
Kr %	0,52	12,30	2,28	6,31	2,39	6,24 (riz)
				5,44	7,83	10,86 (igname)

3.2. Interprétations

3.2.1. Ruissellement (cf. tableaux I, II et figures n° 1, 2, 3)

3.2.1.1. Sous forêt les ruissellements restent peu abondants sur les sites amont et aval et correspondent aux valeurs généralement trouvées en forêt tropicale humide. On note par contre des valeurs nettement plus élevées sur les sols du site médian ; ceux-ci sont en effet compactés et parfois même légèrement hydromorphes à partir de 15-25 cm jusqu'à 35-40 cm ; sans être systématique, cette différenciation est susceptible d'apparaître plus ou moins haut sur le versant et ce, de façon discontinue. L'influence de cet horizon de comportement ne se manifeste qu'à partir des fortes précipitations des mois de mars et avril (SP = 500 à 700 mm selon les années) à partir desquels les horizons superficiels poreux sont saturés et au delà desquels le régime d'infiltration sera surtout commandé par la conductibilité de cet horizon de comportement d'où une influence très nette des fortes intensités de précipitation. Ce double régime de la parcelle F2 apparaît assez nettement sur la figure n° 2 (SW = f(SP)). Cette particularité se traduit sur la surface du sol par une hiérarchisation plus accentuée du ruissellement en chenaux anastomosés remontant parfois jusqu'à la mi-versant alors qu'ils apparaissent plus généralement vers les bas de pente.

Les sols gravillonnaires de sommets sont, par contre, extrêmement perméables ce que leur différenciation morphologique permettait de prévoir : en 1978 seules 6 pluies d'intensités supérieures à 20 mm/h pendant 30' ont donné lieu à des ruissellements, pour les années 1979 et 1980 plus pluvieuses on note en moyenne une vingtaine de ruissellements par année dont seules quelque 10 pluies ont fourni des coefficients supérieurs à 1 %.

-3.2.1.2. Le défrichement traditionnel consiste en un abattage des arbres jusqu'à environ 50 cm de diamètre, un nettoyage du sous-bois, une exportation plus ou moins importante des débris végétaux et un brûlis en février-mars qui ne peut être intense que lors des années à saison sèche bien marquée. Les plus gros arbres restent sur place mais sont généralement tués soit par un ceinturage de l'écorce soit par le feu alimenté par une accumulation de débris autour du tronc. Avant le semis, la parcelle défrichée reste encore abondamment jonchée de grosses branches et de troncs partiellement consommés ; le système racinaire traçant de l'ancienne forêt reste

en place et ne se détruira que progressivement. Le semis de riz (mars, avril) se fait en poquets tous les 50 ~ 100 cm, le sol est succinctement ouvert à la daba et refermé d'un coup de talon. La levée du riz est accompagnée par un recrû d'adventices et de jeunes pousses d'arbres qui recouvrent rapidement le sol. Les rendements sont fonction de différents facteurs : soin du desherbage, intervention de nombreux prédateurs (oiseaux, singes, grands mammifères), hauteur des premières pluies.

Le sol est donc assez rapidement protégé de l'impact direct des pluies par un nouveau couvert végétal.

Une autre conséquence de la mise en culture est une modification rapide et importante de la microtopographie du sol : sous forêt et sur la plus grande partie du versant celle-ci se présente sous la forme d'une juxtaposition de microreliefs couverts d'abondants rejets biologiques localisés au niveau des jeunes arbres et de microdépressions dépourvues de végétation et plus ou moins abondamment comblées par des sables clairs déliés. Des observations saisonnières ont permis de constater que cet ensemble est en équilibre dynamique : extension des zones ensablées par ruissellement et microcolluvionnement en pleine saison des pluies, extension des microreliefs en saisons transitoires du fait d'une augmentation de l'activité biologique (termites et surtout vers). Dès la mise en culture on observe un effacement de cette microtopographie avec extension générale des zones ensablées, l'activité biologique semble moins intense tout au moins se manifeste-t-elle plus profondément, les rejets biologiques sont plus rares aussi les porosites "ouvertes en surface" diminuent-elles fortement.

Ceci peut suffire à expliquer l'augmentation, relativement modeste, par ailleurs, des ruissellements sous culture : Kr F1/Kr C1 \approx 12 en sommet et \approx 3 vers les bas de versant.

3.2.1.3. Après deux années de culture en riz pluvial, les 3 parcelles ont été préparées pour une culture d'igname. La technique, pratiquée par les migrants baoulés, consiste à lever à la daba des buttes non cloisonnées de quelque 25 à 30 cm de haut, 70 cm de base et disposées en ligne tous les 110 ~ 120 cm. Il s'en suit un remaniement des 15 ~ 20 premiers centimètres du sol avec extirpation des racines moyennes et grossières. L'effet, immédiatement bénéfique pour l'infiltration, est assez fugace avec cependant une différence de comportement entre les sols gravillonnaires des sommets et les sols meubles des versants : le système lianescent de l'igname protège mal la surface du sol, la pluie désagrège rapidement les mottes, des micro-colluvionnements comblent et imperméabilisent les inter-buttes qui vont constituer un microréseau de ruissellement très actif. En sommet, les buttes dont les gravillons déliés constituent rapidement un mulch superficiel, vont se comporter en zones de drainage préférentiel tandis que celles des versants se détruisent et se colmatent. Au bilan annuel les sols de sommet ont des comportements hydrodynamiques à peu près identiques quelle que soit la technique culturale, par contre ceux des versants ruisselleront de façon plus importante sous ce buttage.

3.2.2. Erosion (cf. tableaux I et III)

TABLEAU N° III - Turbidités comparées des différents sites (en g/l).

	1978 (C. en riz)	1979 (C en riz)	1980 (C en ignames)	moyennes
F1	-	0,16	0,07	0,11
F2	0,56	0,32	0,42	0,43
F3	1,16	0,15	0,38	0,56
C1	0,33	0,12	0,22	0,22(riz)
C2	0,49	0,17	0,92	0,33(riz)
C3	0,27	0,22	1,10	0,24(riz)

La culture du riz pluvial sur défriche n'amène pas d'augmentation importante de l'érosion, les turbidités restent voisines, les différences forêt-culture sont dues aux ruissellements sensiblement plus volumineux sous culture. Sous igname les turbidités sont équivalentes à celles des sols cultivés en riz, l'interception de l'énergie des pluies par le mulch gravillonnaire est aussi efficace que celle d'un couvert végétal continu pour les sols du sommet, par contre, la quasi dénudation du sol butté des versants se traduit par des turbidités de 2,8 à 4,6 fois supérieures à celles observées sous le riz.

Une analyse plus poussée de l'érosion et de l'érodibilité des sols n'a été rendue possible que par l'utilisation du simulateur de pluie.

4. ANALYSE DE L'HYDRODYNAMIQUE SUPERFICIELLE ET DE L'EROSION DES SOLS SOUS CULTURE A L'AIDE D'UN SIMULATEUR DE PLUIES

Afin de multiplier les situations expérimentales comme cela a été évoqué précédemment (§ 2), un simulateur de pluie a été utilisé sur les sols du versant cultivé, en fin de saison des pluies (novembre-décembre 1978) et en fin de saison sèche (mars 1979).

Cet appareil permet de réaliser des pluies de 25 à 120 mm/h d'intensité sur une couronne circulaire de 200 m² à l'intérieur de laquelle sont installées deux parcelles de 50 m² (10 x 5 m) munies à leur aval d'un canal de ruissellement. Le ruissellement est connu sur chaque parcelle par les volumes écoulés, enregistrés dans une cuve calibrée, au moyen d'un limnigraphe. La prise d'échantillons pour mesures de turbidités est réalisée dans des récipients calibrés par prélèvements directs au niveau du déversoir du canal.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Réf.	Traitement	ta	Im	Pu	SPu	Pi	L	Dr	W	Kr	Rx	FN	E	Cs	Cx
TS.1.3.1. TH.1.3.1.	1. nat. 2. riz 2/1	18H	60	30	200	7,0 8,5 1,18	2,9 3,4 1,1	0,6 0,6	27,7 25,9	9,6 11,6 1,2	(14) (14)	(47,2) (44,5)	13,9 6,4 0,46	1,29 0,52 0,40	0,12 0,11 0,92
TS.1.14.1 TH.1.19.2	1. nat 2. riz 2/1	20H	60	60	800	6,3 7,7 1,22	5,4 7,1 1,3	0,3 0,3	55,6 53,4	8,9 11,7 1,3	(13,5) 10,5	(47,5) 50,0	37,5 2,0 0,05	1,32 0,08 0,06	? 0,04
TS.3.2.1 TH.3.2.1	1. nat 2. riz 2/1	20H	60	60	200	2,7 2,9 1,07	13,7 15,7 1,1	0,8 1,0	44,8 48,1	23,5 24,6 1,0	(20,0) (23,7)	(38,0) (40,5) 1,06	- -	- 0,18	- (0,05)
TS.3.26.1 TH.3.18.2	1. nat 2. riz 2/1	20H	60	60	1000 800	3,2 2,7 0,84	19,3 14,3 0,7	1,1 1,1	42,3 47,0	31,5 23,3 0,7	24,5 25,5	36,6 35,3	17,1 4,2 0,25	1,40 0,15 0,11	0,05 0,02 0,25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Réf.	Traitement	ta	Im	Pu	SPu	Pi	L	Dr	W	Kr	Rx	FN	E	Cs	Cx
TS.1.14.1 TS.3.14.1	1. grav. 2. meuble 2/1	20H	60	25	800	6,3 2,8 0,44	0,9 4,2 4,8	0,3 0,7	24,5 21,3	3,4 16,5 4,8	(4,5) (15,5)	(56,5) (45,7) 0,8	2,0 12,0 5,9	- 0,47	0,2 0,2
TS.1.26.1 TS.3.26.1	1. grav. 2. meuble 2/1	20H	60	65	1000	3,3 3,2 0,98	14,3 21,3 1,5	1,4 1,1	51,0 45,4	21,8 32,0 1,5	(26) (25)	(20,3) (36,6)	38,0 18,2 0,48	? 1,4	0,2 0,05 0,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Réf.	Traitement	ta	Im	Pu	SPu	Pi	L	Dr	W	Kr	Rx	FN	E	Cs	Cx
TS.1.2.1 TS.1.2.2	1. nat 2. lab. 2/1	90H	60	105	200	19,6 38,5 1,96	12,2 1,6 0,1	0,8 0,08	98,6 109,2 1,1	11,0 1,5 0,1	(21,0) (4,0)	(42,3) (59,3) 1,4	11,1 4,1 0,37	0,21 0,35 1,7	0,05 0,25 5,0
TS.1.14.1 TS.1.14.2	1. nat 2. lab. 2/1	20H	60	60	800	6,3 2,1 0,33	5,4 21,3 3,9	0,3 0,6	55,6 39,7 0,7	8,9 35,0 3,9	(13,5) 25,0 1,8	47,5 36,0 0,8	37,5 252,4 6,73	1,3 1,7 1,3	? 1,2
TS.3.20.1 TS.3.20.2	1. nat 2. lab. 2/1	15H	60	25	850	2,4 0,9 0,37	6,9 18,7 2,7	0,9 0,7 0,8	19,1 7,3 0,4	26,5 71,8 2,7	(23,0) 48,5	(39,4) 13,9	9,9 1503 152	0,9 12,1	0,6 8,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Réf.	Traitement	ta	Im	Pu	SPu	Pi	L	Dr	W	Kr	Rx	FN	E	Cs	Cx
TS.1.26.1 TS.1.26.2	1. nat 2. buttes 2/1	20H	60	120	1000	3,3 23,0 7,0	45,1 34,5 0,8	1,4 0,8 0,6	75,5 86,1 1,1	37,4 28,6 0,8	(40,0) 31,5	(20,3) 28,8	112,7 806,1 7,15	0,3 4,6 15,3	? 2,5
TS.3.26.1 TS.3.26.2	1. nat 2. buttes 2/1	20H	60	65	1000	3,2 15,9 4,9	21,3 26,4 1,2	1,1 1,9 1,7	45,4 40,3 1,1	32,0 39,7 1,2	(25,0) 46,2	(36,6) 15,4	18,2 871,7 47,9	1,4 5,8 4,1	0,05 3,0 60

- Réf : numéro de référence de la parcelle
- Traitement subi par la parcelle
- ta : temps de ressuyage entre deux averses (heures)
- Im : intensité de l'averse (mm/h)
- Pu : hauteur de la pluie utile (mm)
- SPu : hauteur cumulée des pluies depuis le début des essais (mm)
- Pi : hauteur de la pluie d'imbibition (mm)
- L : hauteur de la lame ruisselée (mm)

- Dr : hauteur de la détention superficielle récupérable (mm)
- W : hauteur de la lame infiltrée (mm)
- Kr : coefficient de ruissellement $(K) = \frac{100L}{Pu}$
- Rx : intensité maximum du ruissellement en palier (mm/h)
- FN : intensité minimale de l'infiltration en palier (mm/h)
- E : érosion globale (kg/ha)
- Cs : maximum de turbidité (g/l)
- Cx : palier de la turbidité (g/l).

En intervenant à deux périodes de l'année il a été possible de tester les effets du couvert végétal sur le ruissellement et l'érosion :

- riz à maturité et recrûs ligneux et herbacés lors de la première campagne de fin de saison des pluies (averses TH... sur le tableau n° IV)

- sols dénudés à la suite de la récolte, du désherbage et du brûlis en saison sèche (averses TS...).

Enfin nous avons testé en saison sèche deux pratiques culturales :

- un labour après extirpation du système racinaire de l'ancienne forêt et du champ de riz,

- un buttage non cloisonné identique à celui qui est réalisé par l'ethnie baoulé migrant actuellement dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire.

Parmi les nombreuses données dépouillées, seules ont été retenues celles permettant le mieux d'illustrer les différences de comportement entre les sols argileux gravillonnaires de sommet et les sols argilo-sableux appauvris, meubles de bas de versant.

4.1. Les effets du couvert végétal

Les figures n°s 4 à 7 et le tableau N° IV résument les données obtenues, sous intensité de 60 mm/h, pour les situations expérimentales suivantes :

- Sol de haut de versant (affleurement de gravillons, matrice argileuse, pente 17%)

- . Semé en riz (80% de recouvrement végétal sur 120 cm)

- Sol faiblement humecté : TH 1.3.1

- Sol fortement humecté : TH 1.14.2

- . Dénudé (15% de couvert végétal sous la forme d'îlots de jeunes pousses)

- Sol faiblement humecté : TS 1.3.1

- Sol fortement humecté : TS 1.14.1

- Sol de bas de versant (sables argileux en surface, pente : 8%)

- . Semé en riz (95% de recouvrement végétal sur 120 cm)

- Sol faiblement humecté : TH 3.2.1

- Sol fortement humecté : TH 3.18.2

- . Dénudé (15% de couvert végétal sous la forme d'îlots d'adventices herbacées)

- Sol faiblement humecté : TS 3.2.1

- Sol fortement humecté : TS 3.26.1

Les temps de ressuyage oscillent entre 18 et 20 heures.

4.1.1. Sols à affleurements gravillonnaires de haut de versant

Dans des conditions de *faible humectation*, (comparaison TH 1.3.1/TS 1.3.1) on constate que le couvert végétal modifie peu la hauteur de la lame ruisselée qui reste d'ailleurs faible dans les deux cas : $L =$ environ 3 mm et $L_2/L_1 = 1.1$. Celle-ci résulte de hauteurs d'imbibitions voisines et d'intensités d'infiltration à l'arrêt de l'averse respectivement égales à 47,2 (nu) et 44,5 mm/h (riz). Bien que les paliers de ruissellement n'aient pas été atteints, on constate, sur les hydrogrammes de la figure 4, une évolution similaire des deux phases transitoires. En ce qui concerne l'érosion, on note cette fois une influence nette du couvert végétal puisque les pertes en terres sont environ 2 fois plus fortes sur sol dénudé ($E_2/E_1 = 0,46$). Cependant pour une pluie utile de 30 mm, cette érosion reste insignifiante dans les deux cas. D'une façon générale on peut retenir que sur le sol planté, l'énergie des gouttes se dissipe à deux niveaux : celui du couvert végétal et celui des affleurements d'éléments grossiers, cette seconde forme d'interception agissant seule sur le sol dénudé. Ceci est illustré par le rapport des pics de turbidité $Cs_2/Cs_1 = 0,40$ qui rend bien compte de ces deux niveaux de dissipation de l'énergie.

Dans des conditions de *plus forte humectation* (comparaison TH 1.14.2/TS 1.14.1) : peu de changement par rapport au cas précédent, on note simplement une légère augmentation de l'infiltrabilité sur la parcelle riz ($K_r = 8,9\%$ au lieu de $9,6\%$ dans le cas précédent). On observe par contre une accentuation de la différence des érosions ($E_2/E_1 = 0,05$) qui est liée essentiellement aux différences de turbidité et au décalage de leurs pics C_s . Une protection accrue sur la parcelle semée en riz a probablement été assurée par la verse des nombreux plants détremés, protégeant dès lors la surface du sol à la façon d'un mulch.

En *résumé*, les lames infiltrées sont importantes, (90% des pluies, l'érosion est très faible mais malgré cela l'effet favorable du couvert se manifeste déjà.

4.1.2. Sols meubles de bas de versant

Dans des conditions de *faible humectation* (comparaison TH 3.2.1/TS 3.2.1 cf. fig. n° 6) les infiltrations sont remarquablement voisines, tant au niveau des hauteurs de pluies d'imbibition ($P_{i2}/P_{i1} = 1,07$) que celui des intensités minimales d'infiltration en fin de pluies que celui des intensités minimales d'infiltration en fin de pluies ($F_{n2}/F_{n1} = 1,06$). En valeur absolue ces sols sont moyennement perméables. A ce niveau d'humectation, leur identité de comportement peut s'expliquer par une influence prépondérante de la pellicule de battance constituée avant la levée du riz et peu remaniée par une technique culturale succincte (semis en poquet tous les 30 ~ 40 cm). Nous ne disposons pas de données concernant l'érosion.

Dans des conditions d'*humectation plus importantes* (comparaison TH 3.18.2/TS 3.26.1 cf. fig. n° 7) les infiltrations sous riz sont devenues légèrement plus importantes, pas tellement du fait

de différences dans les hauteurs de pluies d'imbibition (les 4 minutes de ruissellement parasites sur TH 3.18.1 ne sont pas à prendre en compte) mais surtout à cause d'une phase transitoire du ruissellement beaucoup plus longue sous le riz (environ 40' contre 15'). On remarquera l'apparition d'un pseudo-palier du ruissellement à 7 mm/h jusqu'à 27' correspondant en stockage de l'eau dans un horizon superficiel ameubli par le développement du système racinaire du riz.

En ce qui concerne l'érosion, la structure interceptrice du riz intervient nettement au niveau des turbidités, d'où un rapport $E2/E1 = 0,25$. Comme en sommet de versant, les modifications portent cependant sur des niveaux d'érosion faibles dans les deux cas.

En résumé, les lames infiltrées représentent 70 à 75% des pluies, les différences de stockage de l'eau peuvent être attribuées au développement des systèmes racinaires du riz et des adventices. La pellicule de battance superficielle sur le sol dénudé accentue cette différence mais fixe également un seuil à l'érosion.

4.2. Les effets de la différenciation des sols

Considérons maintenant plus strictement les effets des affleurements gravillonnaires des sols de sommet comparés aux sols meubles de bas de versant, *identiquement dénudés*, et ce toujours pour des averses à 60 mm/h.

Les situations testées sont les suivantes (cf. figures n°s 8 et 9 et tableau n° V) :

- Sol fortement humecté (14ème averse, 800 mm de pluies cumulées (SPu)
 - . Gravillonnaire et argileux de haut de versant : TS 1.14.1
 - . Meuble argilo-sableux de bas de versant : TS 3.14.1
- Sol très fortement humecté (26ème averse, SPu = 1000 mm)
 - . Gravillonnaire et argileux de haut de versant : TS 1.26.1
 - . Meuble argilo-sableux de bas de versant : TS 3.26.1

4.2.1. La quatorzième averse a duré 25 minutes dans les deux cas (comparaison TS 3.14.1/TS 1.14.1). Les infiltrations sont nettement plus importantes sur le sol gravillonnaire tant au point de vue d'une augmentation de la pluie d'imbibition : $Pi2/Pi1 = 0,44$ que par une intensité d'infiltration plus forte en fin d'averse $Ftu2/Ftu1 = 0,8$. Il en résulte un rapport $Kr2/Kr1 = 4,8$ mais on remarquera, qu'à ce stade des essais et pour une pluie utile de 25 mm, les coefficients de ruissellement restent modérés. Les horizons du site amont possèdent et maintiennent une conductivité hydraulique élevée ; ceux du site aval se saturent par paliers révélant les différences de conductivité aux limites d'horizons, les deux pseudo-paliers de ruissellement vers 15' et 30' sur TS 3.14.1 sont caractéristiques à cet égard. L'érosion reste faible

dans les deux cas et les différences, peu significatives, sont uniquement dues aux ruissellements car les paliers de turbidité sont identiques.

4.2.2. La vingt-sixième averse a duré 65 minutes (comparaison TS 3.26.1/TS 1.26.1).

L'infiltration dans les deux types de sol est plus faible que précédemment ($K_r 1 = 32,0$ et $21,8\%$). On remarquera que l'atténuation des différences de comportement entre les deux sites et surtout due à une diminution, vers 35' de l'infiltrabilité de la parcelle amont traduisant une saturation des horizons gravillonnaires et un contrôle de la conductivité de plus en plus assuré par les horizons argileux meubles sous jacents moins perméables. Les niveaux d'érosion restent faibles mais, curieusement, les érosions sont inversées ($E_2/E_1 = 0,48$) en liaison avec une inversion des paliers de turbidité. Bien qu'il s'agisse de valeurs très faibles, la pellicule de battance constituée sur les sols meubles de bas de versant serait devenue moins érodible que la surface des sols gravillonnaires de sommet.

En résumé, pour des conditions de forte humectation, les comportements hydrodynamiques et érosifs des sols amont et aval sont susceptibles de se rejoindre pour des raisons différentes :

- influence des réorganisations superficielles prédominante à l'aval
- influence des différenciations pédologiques internes à l'amont où les possibilités de stockage de l'eau dépendront des caractéristiques de l'horizon gravillonnaire (épaisseur, taux d'élément grossier, porosité de la matière argileuse interstitielle).

4.3. Les effets de deux techniques culturales

4.3.1. Le labour

Sur chaque site expérimental, soumis aux essais de simulation de pluies, l'une des deux parcelles est toujours l'objet d'un traitement de référence permettant de caractériser l'érodibilité maximale du sol (facteur K_{US} de l'équation de WISCHMEIER) : labour sur 15 à 20 cm, planage, extirpation du système racinaire, le sol soumis aux averses reste donc entièrement dénudé pendant toute la durée des essais.

Nous avons reproduit sur le tableau N° VI les données permettant la comparaison des situations suivantes :

- Sol de haut de versant, gravillonnaire et argileux
 - . Sol peu humecté ($SP_u = 200$ mm et 90 h. de ressuyage)
 - .. Sol dénudé non labouré (témoin) : TS 1.2.1
 - .. Sol dénudé labouré : TS 1.2.2
 - . Sol fortement humecté ($SP_u = 800$ mm, 20 h. de ressuyage)
 - .. Sol dénudé non labouré : TS 1.14.1
 - .. Sol dénudé labouré : TS 1.41.2

- Sol de bas de versant, meuble, argilo-sableux
 - . Sol fortement humecté (SPu = 850 mm et 15 h. de ressuyage)
 - .. Sol dénudé non labouré : TS 3.20.1
 - .. Sol dénudé labouré : TS 3.20.2

Les intensités d'averse sont toujours de 60 mm/h.

4.3.1.1. Labour sur sol gravillonnaire de haut de versant

A l'issue de la *seconde averse* (comparaison TS 1.2.2/ TS 1.2.1) les infiltrations restent importantes sur les deux sols (cf. figure n° 10). Les gains à l'infiltration consécutifs au labour apparaissent nettement, tant au niveau des pluies d'imbibition : $Pi2/Pi1 = 1,9$, que des intensités d'infiltration finales : $Ftu\ 2/Ftu\ 1 = 1,4$. Cependant, étant donné les fortes hauteurs de pluies utiles, les lames infiltrées restent comparables : $W2/W1 = 1,1$. On note que les turbidités moyennes sont nettement plus fortes sur le labour où l'érosion n'est limitée que par la faiblesse des ruissellements.

A partir de 650 mm de pluies cumulées, (12ème averse), on assiste à une inversion des processus : les infiltrations sur le sol labouré finissent par devenir nettement inférieures à celles du sol témoin, c'est particulièrement ce qui se confirme pour la *14ème averse*, avec 300 mm de pluies cumulées, (comparaison : TS 1.14.2/ TS 1.14.1 de la figure 11) où l'on a : $Pi2/Pi1 = 0,3$ et $Ftu\ 2/Ftu\ 1 = 0,8$. Il en résulte un ruissellement 4 fois plus important sur le labour mais on remarque aussi que le palier de ruissellement s'établit à un niveau modeste : $Rx = 25\text{ mm/h}$ (d'où $F_n = 36\text{ mm/h}$), alors que sur le témoin non labouré il se manifeste, vers 50 minutes de pluie, une nouvelle inflexion des intensités de ruissellement. Les érosions sont 6, 7 fois plus importantes sur le labour du fait de la conjonction de fortes turbidités et d'un ruissellement devenu plus important qu'en début d'essai.

4.3.1.2. Labour sur sol meuble, argilo-sableux, de bas de versant

Alors que le labour du sol gravillonnaire amène un gain d'infiltration jusqu'à environ 650 mm de pluies cumulées, on observe ici et *dès la première averse* des ruissellements 3,5 fois plus importants sur le labour que sur le témoin dont les mottes se désagrègent presque totalement au bout de 30 mm de hauteur de pluie utile (observation de terrain). Au bout de *850 mm de pluies cumulées*, la situation n'a pas changé (cf. les hydrogrammes TS 3.20.1 et 2 de la figure n° 12), et $Kr2/Kr1 = 2,7$, l'on note une érosion 150 fois plus importante sur le labour qui cède pour seulement 25 mm de pluie utile : 1500 kg/ha de terre. On ne peut donc plus invoquer dans ce cas une action protectrice de la pellicule de battance. La faible hauteur d'imbibition ($Pi = 0,9\text{ mm}$) est une preuve de la saturation immédiate de toute l'épaisseur du sol remanié par le labour (15 à 18 cm) et de l'entraînement incessant

des éléments de surface ayant perdu toute cohésion. Cette explication est vérifiée aussi par la très faible détention superficielle ($D_r = 0,7$ mm) qui implique la prédominance d'un ruissellement hypodermique non collecté par le canal de ruissellement. A ce stade, le sol n'est donc que peu protégé par la lame d'eau ruisselante et l'effet "splash" peut s'y exercer de façon continue.

En résumé, le labour est favorable aux sols gravillonnaires en ce qui concerne l'infiltration. Si le couvert végétal ne s'installe pas rapidement les risques d'érosion deviennent sérieux. Le labour a des effets néfastes sur les sols de bas de versant par la conjonction rapide de forts ruissellements et de fortes turbidités, sa protection par le couvert végétal est difficile à réaliser car les pertes en terres sont immédiates.

4.3.2. Le buttage

En fin de campagne, après ressuyage du sol un buttage traditionnel, non cloisonné (cf. 3.2.1.3) a été réalisé sur les sols de haut et de bas de versant. Nous proposons, comme précédemment, d'évaluer son effet par comparaison avec le témoin non remanié. Les situations expérimentales sont donc les suivantes :

- Sol de haut de versant gravillonnaire et argileux, fortement humecté (SPu = 1000 mm, 20 h. de ressuyage, averse à 60 mm/h)
 - .. Sol dénudé non labouré (témoin) : TS 1.26.1
 - .. Sol dénudé butté : TS 1.26.2
- Sol de bas de versant, meuble, argilo-sableux, fortement humecté (SPu = 1000 mm, 20 h de ressuyage, averse à 60 mm/h)
 - .. Sol dénudé non labouré (témoin) : TS 3.26.1
 - .. Sol dénudé, butté : TS 3.26.2

4.3.2.1. Buttage sur sol gravillonnaire de haut de versant

La comparaison des deux hydrogrammes (cf. figure n° 13) amène les constatations suivantes :

- Les comportements des deux sols restent différents jusqu'à environ 35 mm de pluies utiles. Sur le témoin, après 3,3 mm de pluies d'imbibition, s'est instauré un régime permanent de ruissellement correspondant au pseudo-palier Rx 1 : 11,5 mm/h. Sur le sol butté, après une imbibition plus importante ($Pi_2 = 23$ mm) ce court palier du régime de ruissellement n'apparaît pas (cf. tableau n° VII).

- Au-delà de 35 mm de pluie utile, les comportements deviennent remarquablement voisins. On observe des phases de transition identiquement longues et des paliers réels de ruissellement atteints dans les deux cas vers 115 minutes (115 mm de pluies utiles) avec Rx (butte) = 30 mm/h et Rx (témoin) = 40 mm/h.

Le buttage amène donc un léger gain au niveau de la phase d'imbibition et de l'intensité minimale d'infiltration, il en résulte un rapport $Kr\ 2/Kr\ 1 = 0,8$. En ce qui concerne l'érosion, ses effets sont négatifs du fait de turbidités moyennes environ 10 fois plus importantes que celles du témoin, alimentant un débit solide suffisant pour exporter 7 fois plus de terres ($E2 = 806\text{ kg/ha}$ pour 120 mm de pluies utiles). Ces fortes turbidités sont dues à l'épuisement en terre fine des 50 buttes sans possibilité de stockage de ces sédiments sur la parcelle du fait de l'immédiate canalisation du ruissellement entre les rangées de buttes. On décèle en outre sur le turbidigramme un début d'érosion ravinante à partir de 85 minutes.

4.3.2.2. Buttage sur sols meubles de bas de versant (cf. figure n° 14)

On retrouve, comme pour les sols de haut de versant, un gain intéressant au niveau des pluies d'imbibitions : $Pi\ 2/Pi\ 1 = 5$. Par contre, après une montée rapide du régime de ruissellement, on atteint vers 30 minutes des paliers (ou pseudo-paliers d'infiltration) très défavorables à l'utilisation de cette technique culturale : $Fn2/Fn1 = 0,4$. Pour des averses de courtes durées les différences d'infiltrabilité ne sont pas encore considérables : $Kr\ 2/Kr\ 1 = 1,2$ mais il est évident que des averses ultérieures confirmeraient cet effet négatif. Ceci est encore plus flagrant en ce qui concerne les érosions considérablement plus importantes sur buttes : $E2/E1 = 48$ avec des causes recevant les mêmes explications que précédemment : maintien de fortes turbidités : $Cs = 6\text{ g/l}$ et $Cx = 3\text{ g/l}$ et débits solides importants du fait de fortes intensités de ruissellement.

Pour ce qui concerne le rôle, supposé, du buttage sur l'hydrodynamique des sols il apparaît ici que c'est une technique inefficace pour l'amélioration des infiltrations et dangereuse pour l'érosion. Le stockage de l'eau n'est pas sensiblement amélioré par rapport au sol non travaillé. Les pertes en terres sont très élevées, voisines de celles du simple labour sur les sols de bas de versant. Tout dépendra de la vitesse d'installation du couvert végétal et de la nature des précipitations naturelles la précédant. Dans le cas de l'igname le développement des organes aériens est lent, d'autre part ceux-ci, de structure lianescente, protègent mal le sol d'où un paillage de buttes parfois pratiqué dans le nord mais ce mulching est à notre connaissance, peu utilisé dans le sud-ouest ivoirien.

CONCLUSION

La comparaison des comportements des sols sous forêt et sous culture traditionnelle fait apparaître une influence prépondérante de leurs caractéristiques pédologiques qui l'emporte sur celle des couverts végétaux pourtant fondamentalement différents.

Ceci est dû à la vitesse de reconstitution d'un recré herbacé accompagnant, ou parfois dépassant, la croissance des plantes cultivées, ce couvert végétal peut en effet assurer une protection voisine de celle de la forêt. Le volume poral superficiel

décroît sensiblement pendant la première année à cause de modifications de la microtopographie ; il en résulte des ruissellements légèrement plus importants sous culture mais cet effet est fugace du fait de l'augmentation de l'activité de la micro et mésofaune du sol s'exerçant, les années suivantes, au dépens d'une abondante nécromasse.

Au niveau d'un versant, il apparaît que les sols gravillonnaires des sommets sont les plus perméables et permettent un drainage vertical vraisemblablement très profond. Vers l'aval, au fur et à mesure que se différencient d'autres horizons aux perméabilités souvent contrastées, des composantes latérales du drainage se manifestent du fait des différences de conductibilité hydraulique entre les horizons superposés. Ceux-ci se saturent progressivement en saison des pluies, l'intensité limite des pluies provoquent le ruissellement dépendra dès lors de la position dans le profil d'un "horizon de comportement" dont les seules caractéristiques commanderont le comportement hydrodynamique de la totalité du profil de sol.

Tout remaniement des horizons supérieurs consécutifs à la mise en oeuvre de techniques culturales plus élaborées (labour à plat, buttage etc...), dont les effets ont été testés sous simulation de pluie, modifient considérablement les règles énoncées précédemment. Ces horizons remaniés acquièrent des caractéristiques physiques totalement différentes de celles des horizons équivalents non remaniés : l'effet bénéfique du travail du sol sur l'infiltration est toujours très court, il se manifeste pendant les 2 à 3 premières averses sur les sols de sommet mais seulement pendant quelques millimètres de pluie sur les sols des versants ; la désagrégation des mottes est également rapide d'où des érosions 7 fois (amont) à 150 fois (aval) plus importantes que celles des sols "cultivés" traditionnellement du fait de la conjonction de fortes turbidités et de ruissellements plus importants.

L'étude du facteur "échelle" de mesure n'a pas été abordé dans ce premier bilan, elle sera cependant faite ultérieurement. Son intérêt réside dans une évaluation de la fiabilité des données fournies par des dispositifs de mesure de dimensions croissantes et par les possibilités d'extrapolation offertes par chacun d'eux qui sont :

- infiltromètre à aspersion : 1 m²
- simulation de pluies : 50 m²
- parcelles pluies naturelles : quelques centaines de m²
- ensellement de versant aménagé : quelques ha
- bassins versants expérimentaux : quelques centaines à quelques milliers d'ha.

Les limites de cohérence des résultats correspondent en fait aux limites d'organisations naturelles fonctionnant comme des systèmes individuels (cf. tableau n° VIII). Ceux-ci s'articulent en systèmes plus vastes où, à chaque franchissement d'échelle, la juxtaposition ou la combinaison de processus élémentaires génèrent d'autres processus compatibles avec les dimensions du nouveau système. La nature et la dimension des dispositifs expérimentaux doivent donc être adaptés à ce degré de complexité des systèmes pour pouvoir être efficaces.

TABLEAU n° VIII - Exemple d'articulation des systèmes-sols en zone tropicale humide forestière (Taï) et dispositifs expérimentaux utilisés pour la connaissance de leurs fonctionnements.

		a	b	c	d	e	f	g	h
A	Echelle étudiée et Volume morphopédologique correspondant	< 1 mm assemblages élémentaires	0,01 à 0,05m ² horizons	1 m ² profil de sol	10 à 50 m ² pédon	100 à 1000 m ² pédon ou segment	1 à 10 ha segment ou paysage	100 à 200 ha paysage	> 5000 ha paysage ou région
B	Organisations naturelles étudiées (systèmes) Etat du fluide	-microagrégation -microporosité - cutanes - eau liée	-mésoagrégation -méso, macroporosité -eau libre saturante	-ido "b" + -1 organisations structurales du sol - eau libre (détention superficielle)	- macro et mégaporosité (racines, fissures, terriers, termitières)	- le plus souvent ido "d"	- ensellement de versant, ravines - 1 champ	- maille paysagique (sommet + versant + bas-fond) - mosaïque de champs	-plusieurs mailles paysagiques -plusieurs types de couverts végétaux
					- plusieurs organisations superficielles				
C	Processus se manifestant	-altération - pédoplasmatation - tension capillaire - phase vapeur	- infiltration sous charge - submersion	- désagrégation (splash) - interception par une structure végétale	- érosion nappe	- ido "d" + - interception par une strate ou une formation végétale	- dynamique de versant - ravinement - interception par une formation végétale	écoulement de bassins versants	
					- détection du cisaillement - interception par une strate végétale				- engorgement - nappes suspendues tempor.
D	Dispositifs expérimentaux	- analyse physique des sols - micromorphoscopie	- Müntz - Ploger - Porchet etc..	- infiltromètre à aspersion	- simulateur de pluies	- parcelles pluies naturelles	- bassins versants équipés		

TAÏ PARCELLES PLUIES NATURELLES 1978

Lame infiltrée

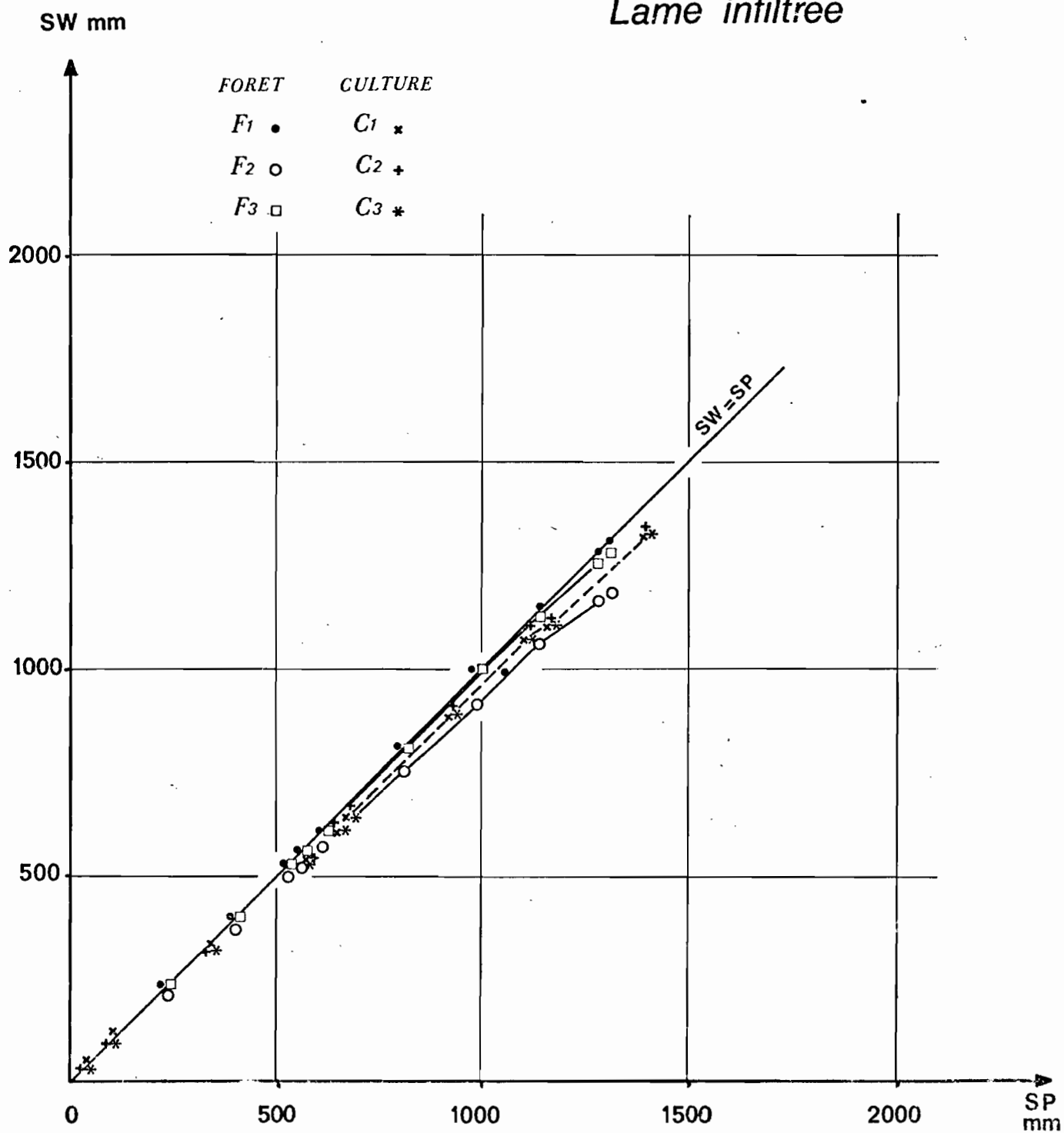


FIGURE n° 1

TAÏ PARCELLES PLUIES NATURELLES
1979
Lame infiltrée

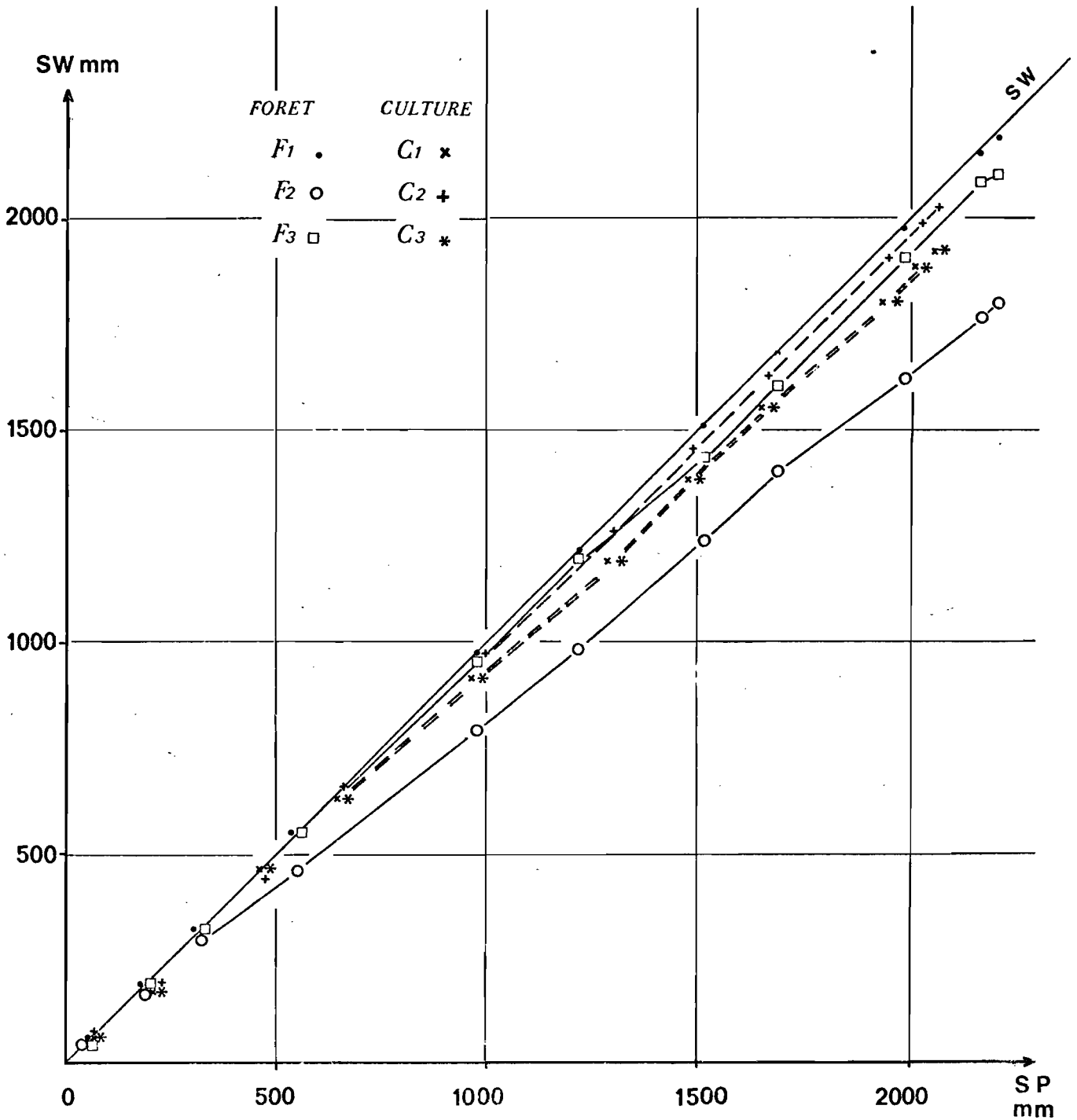


FIGURE n° 2

TAÏ PARCELLES PLUIES NATURELLES 1980

Lame infiltrée

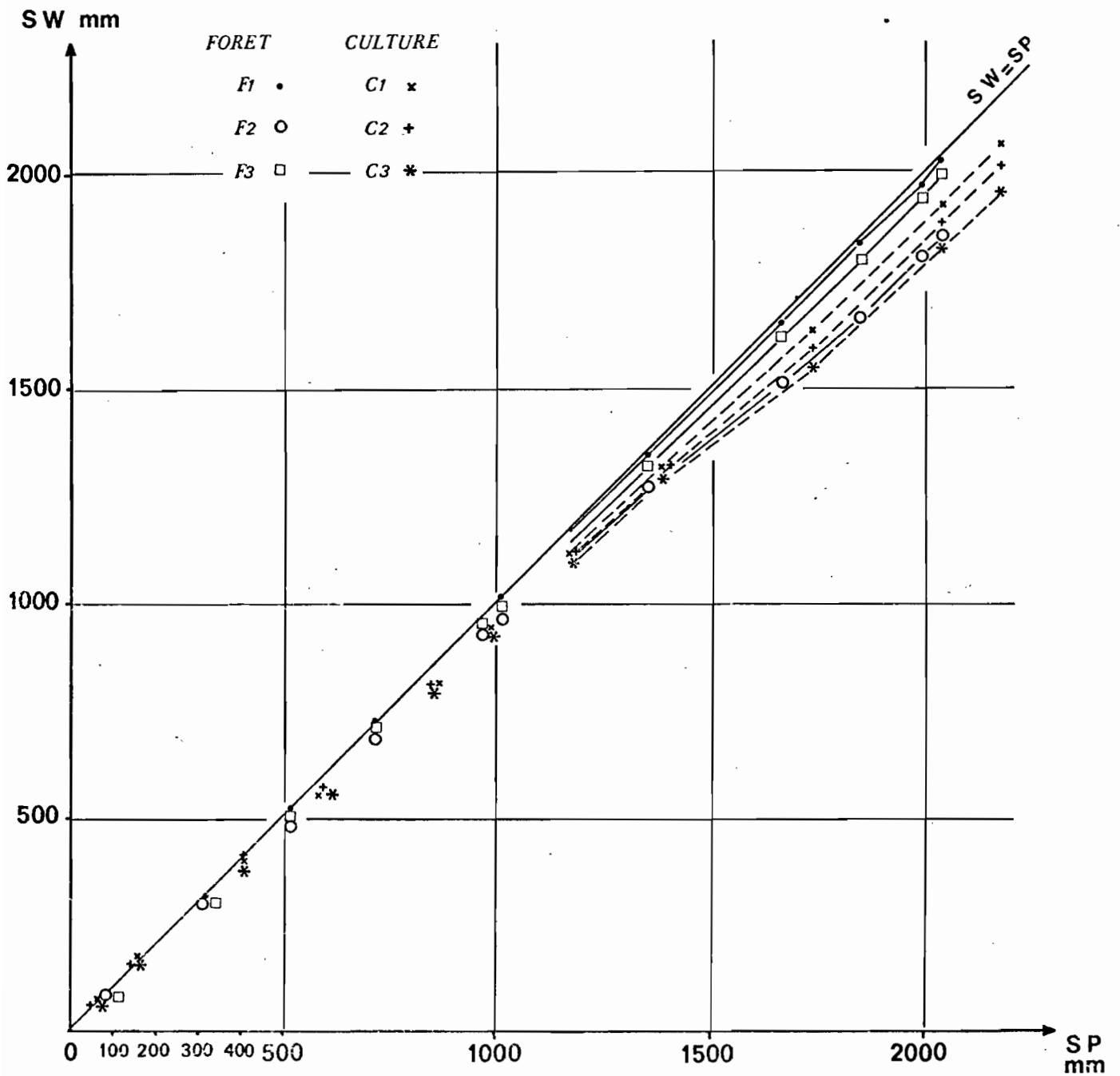


FIGURE n° 3

Fig. 4

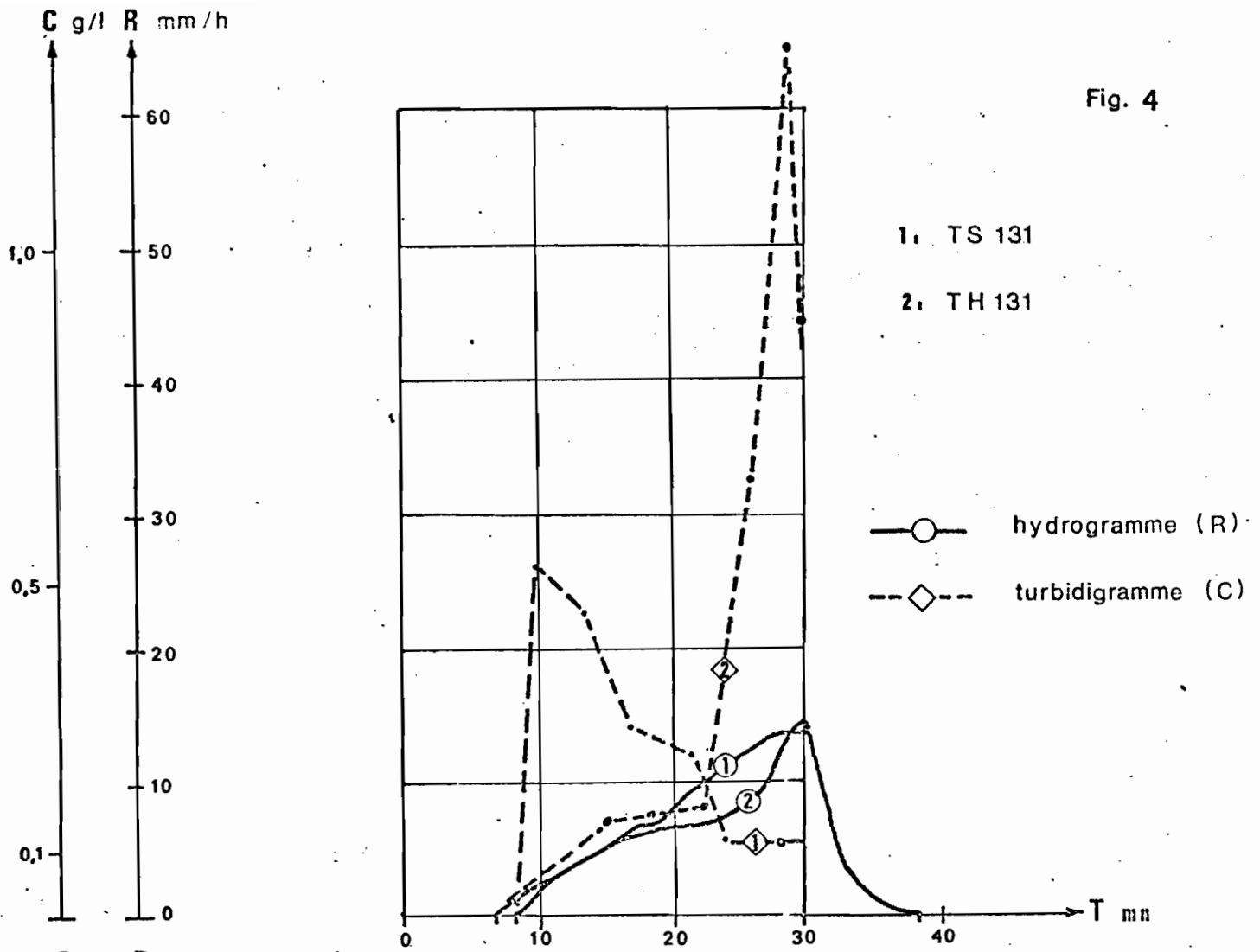


Fig. 5

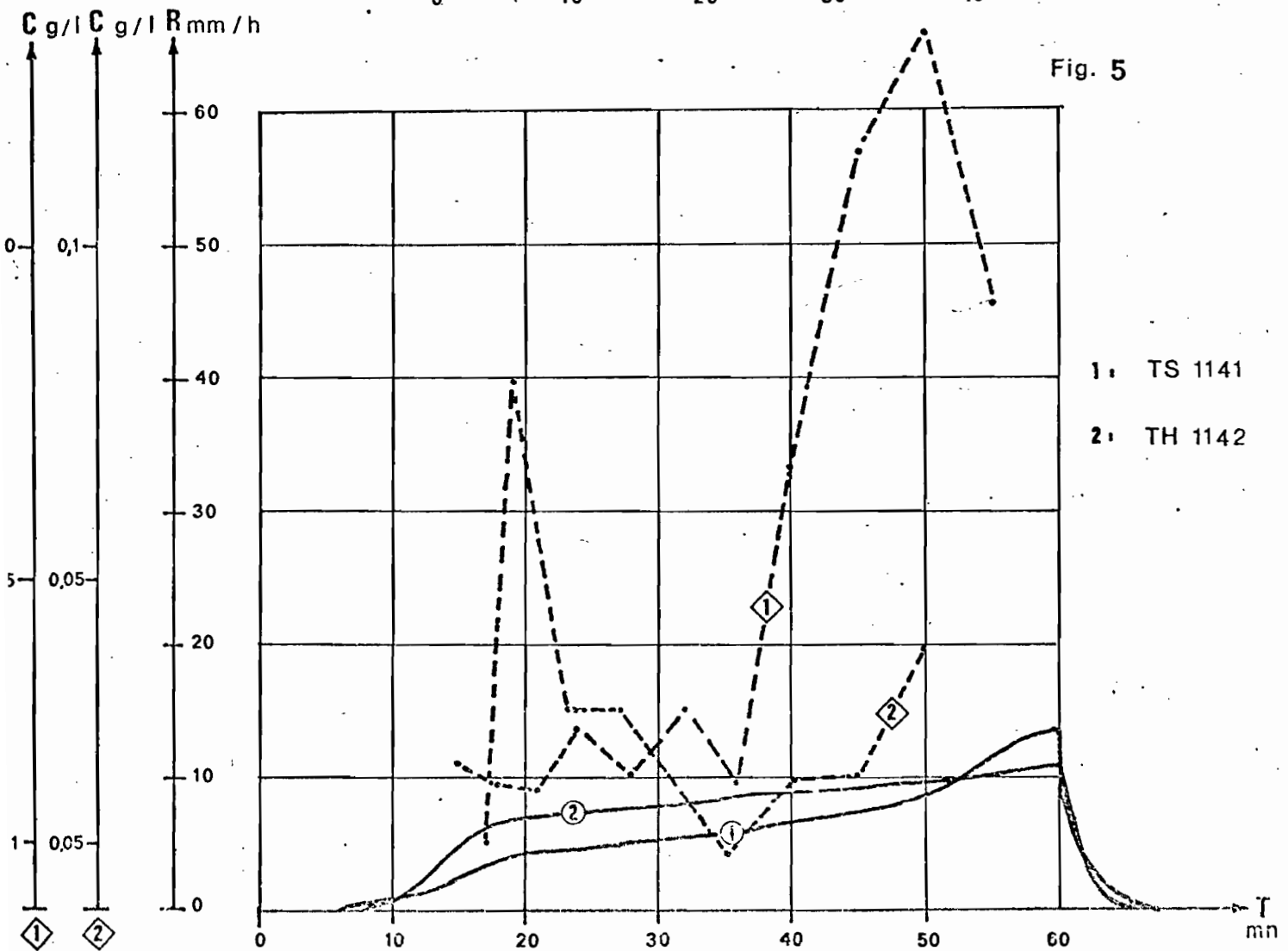


Fig. 6

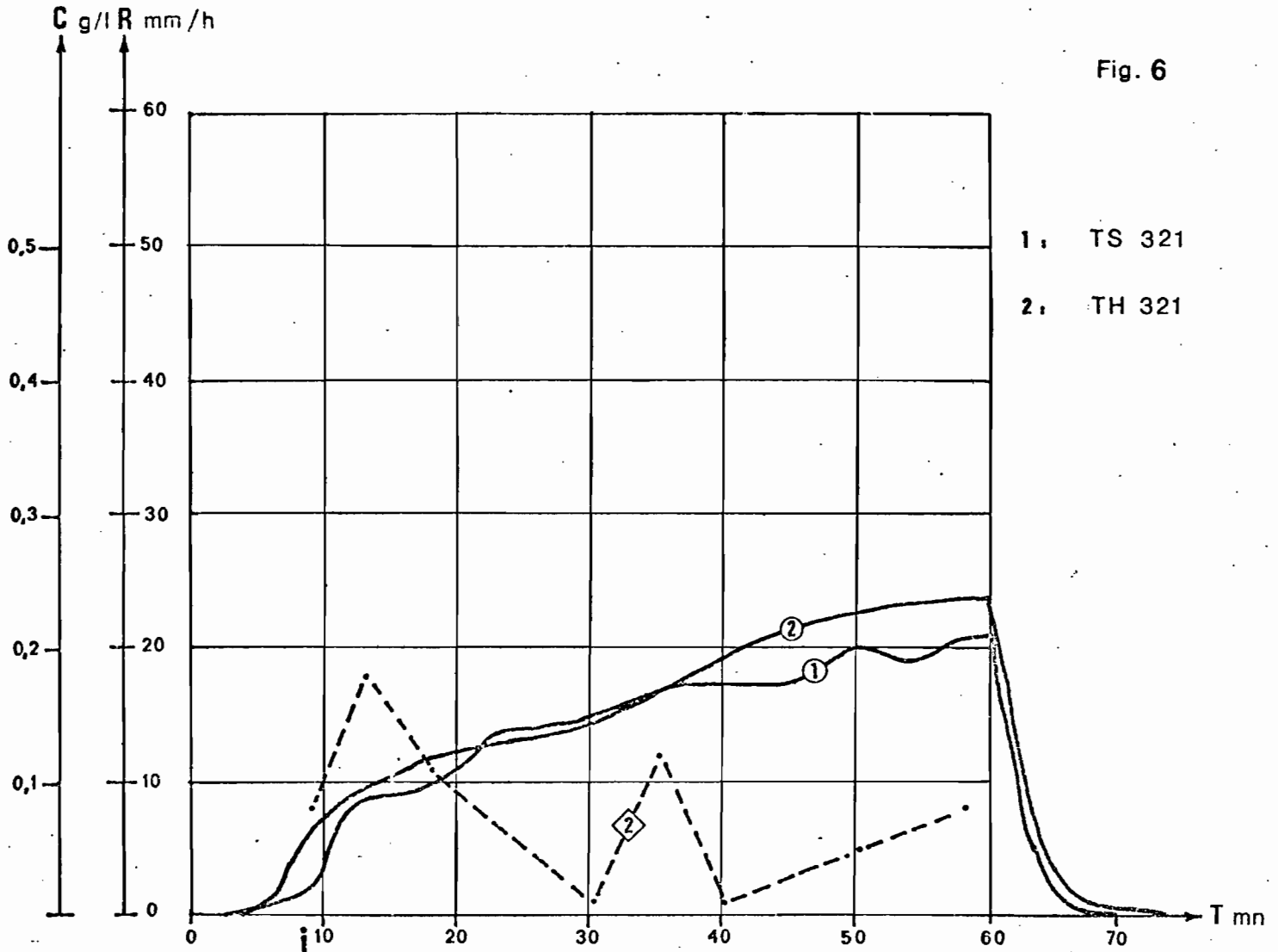
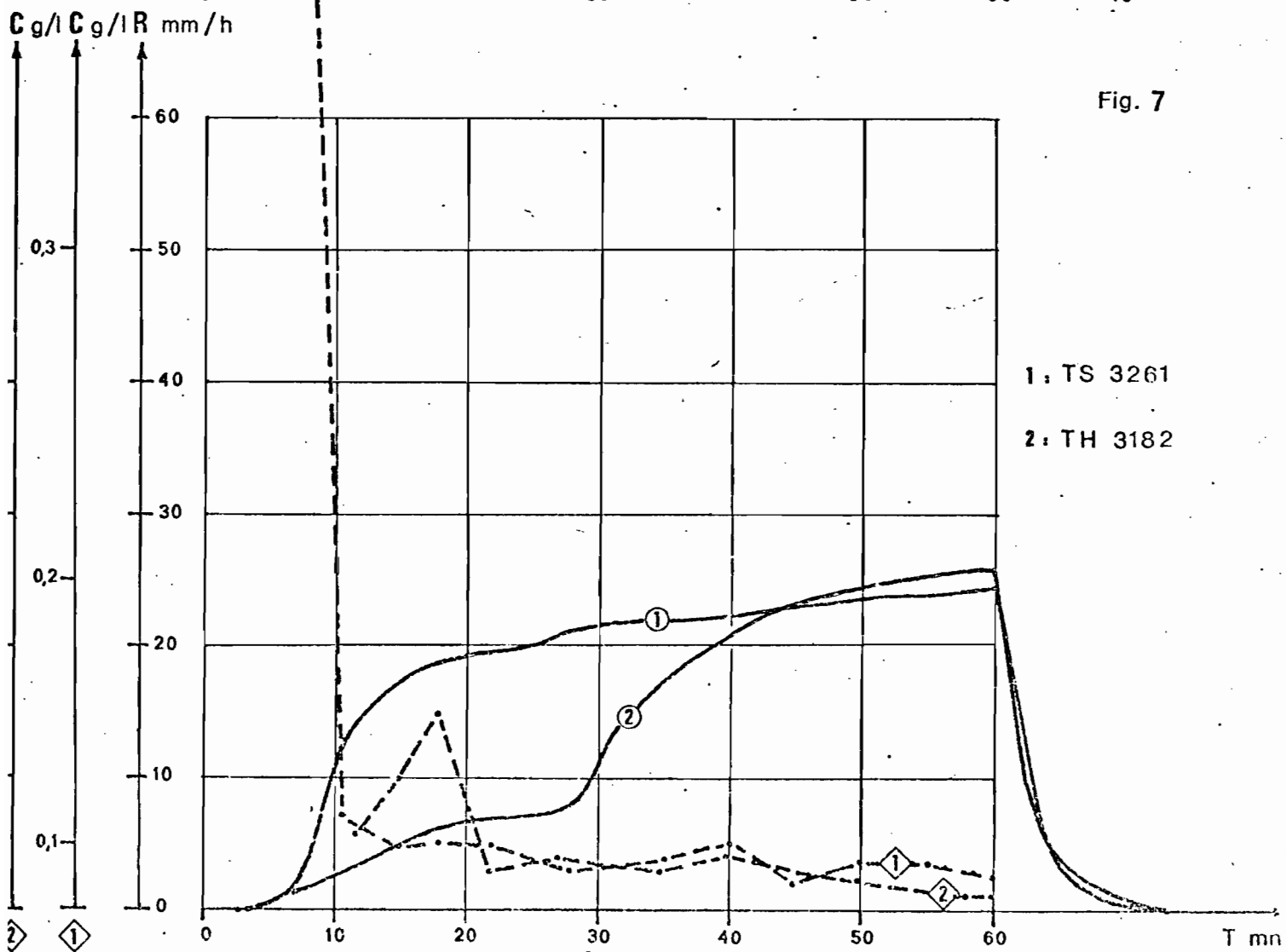


Fig. 7



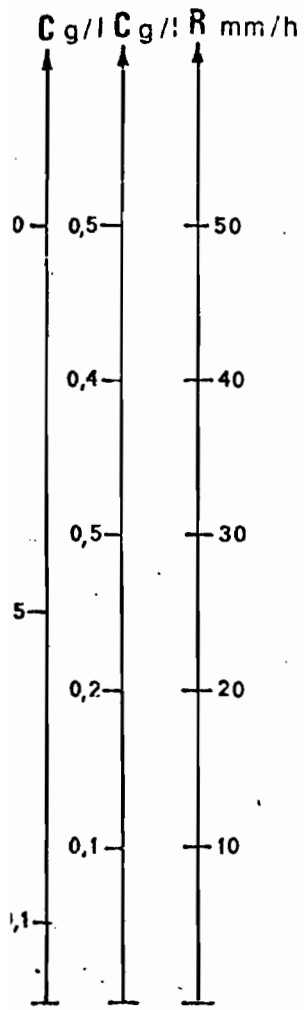


Fig. 8

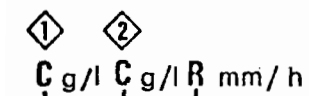
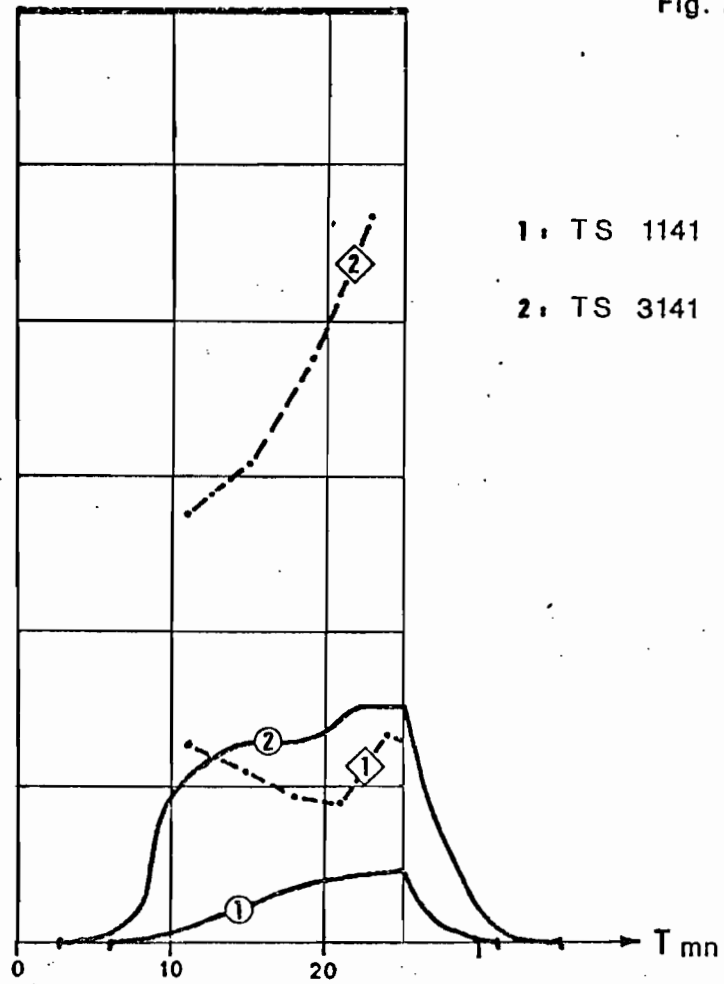


Fig. 9

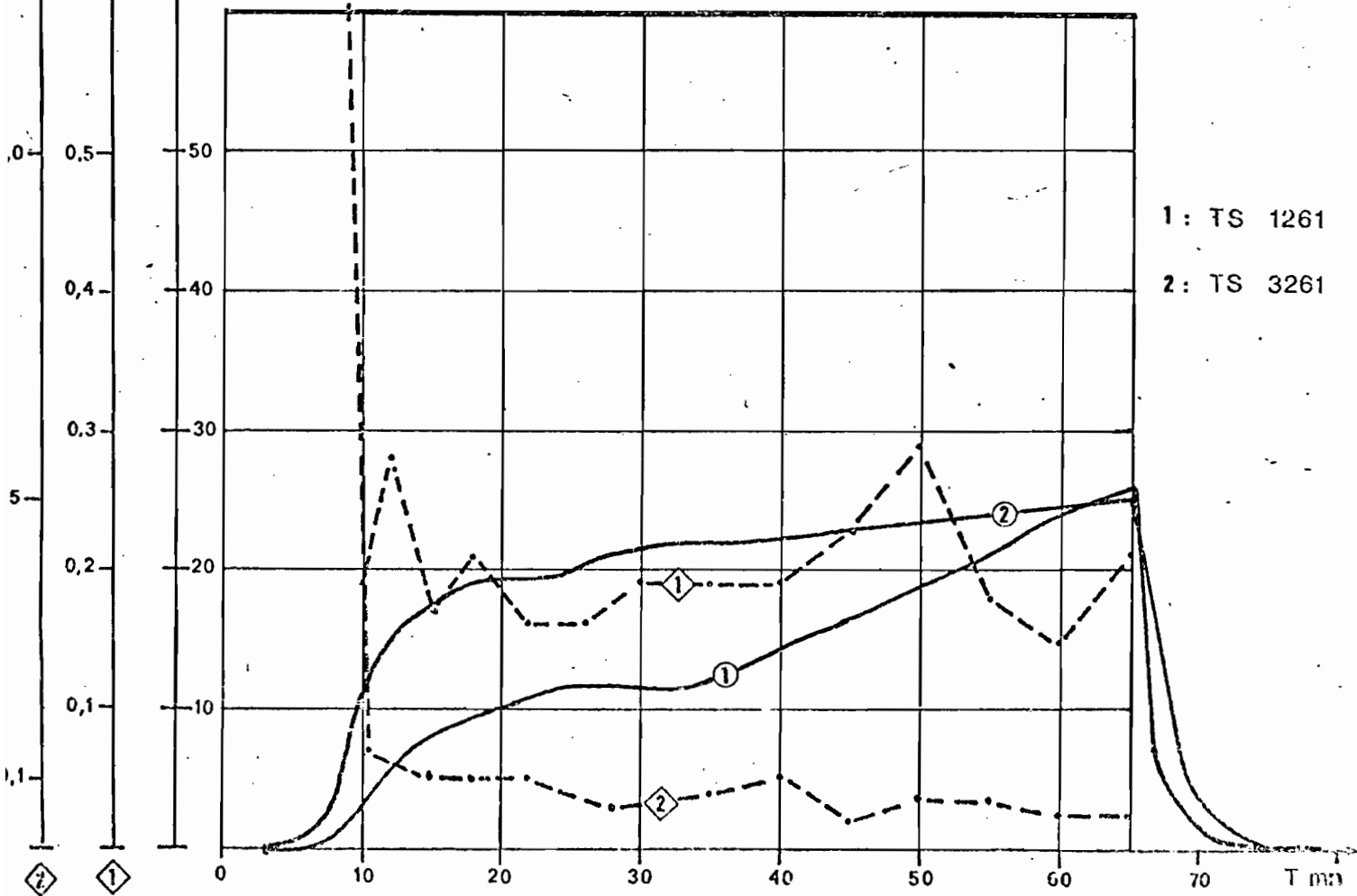
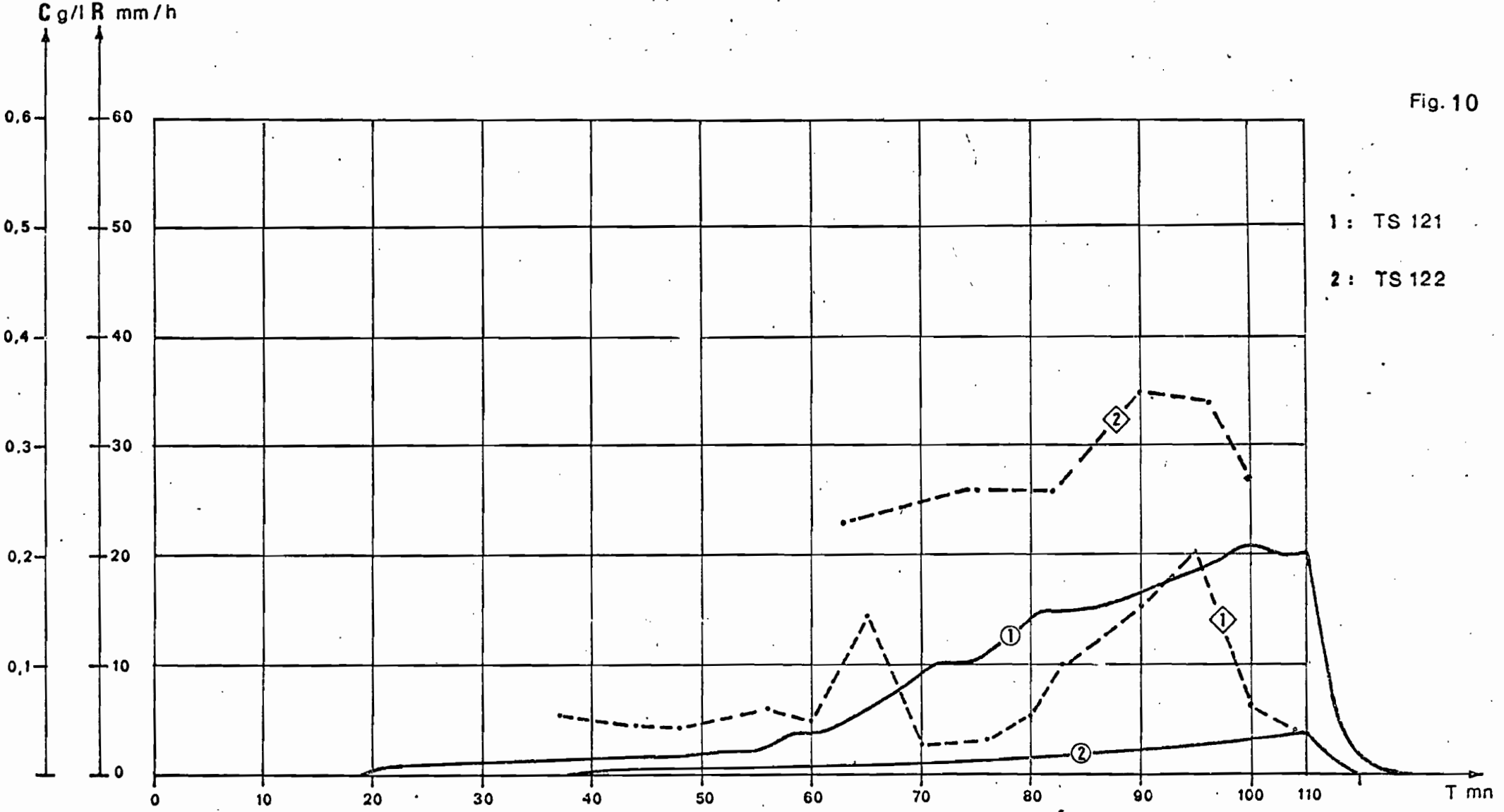


Fig. 10



1: TS 121

2: TS 122

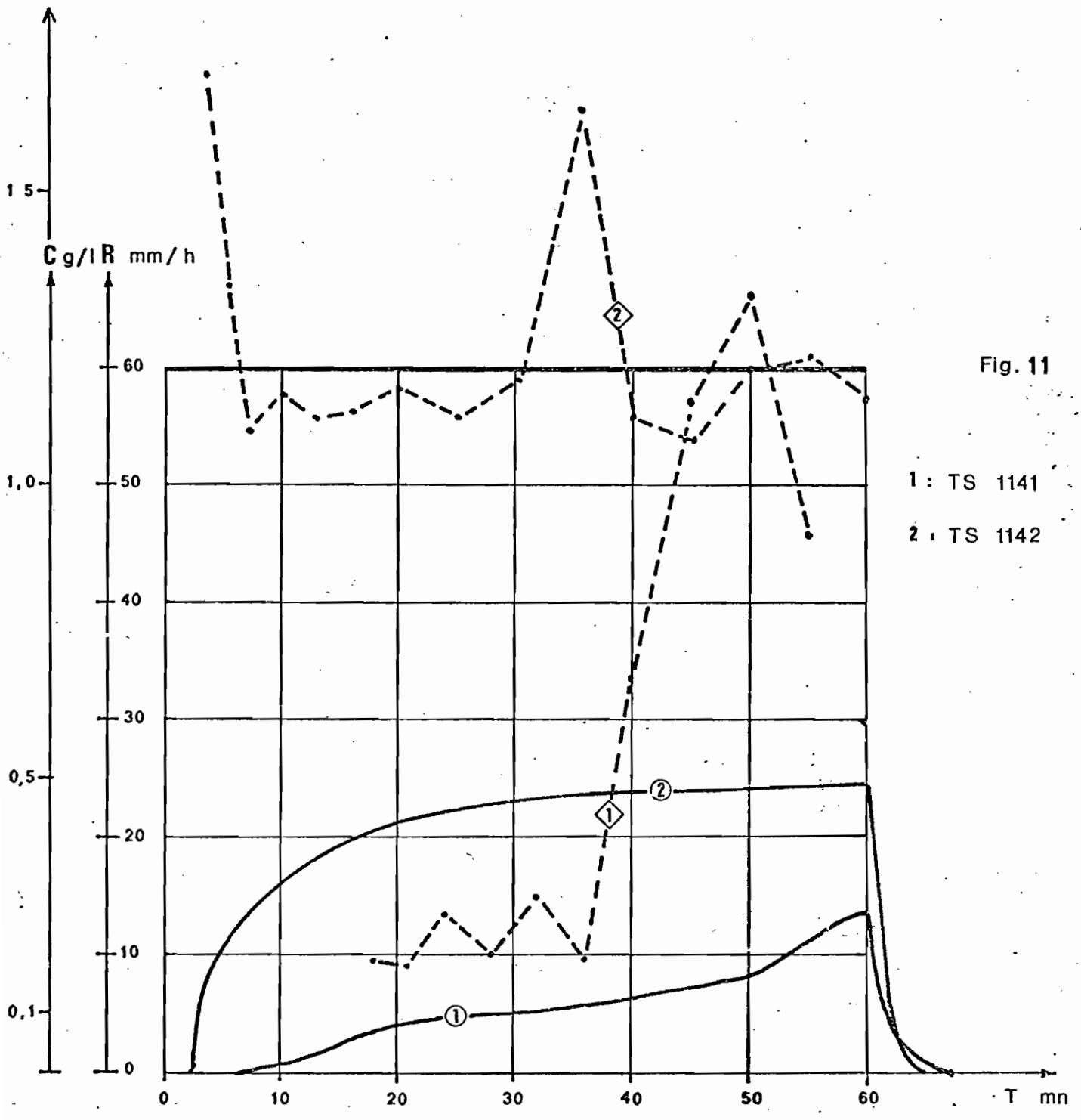


Fig. 11

1 : TS 1141
 2 : TS 1142

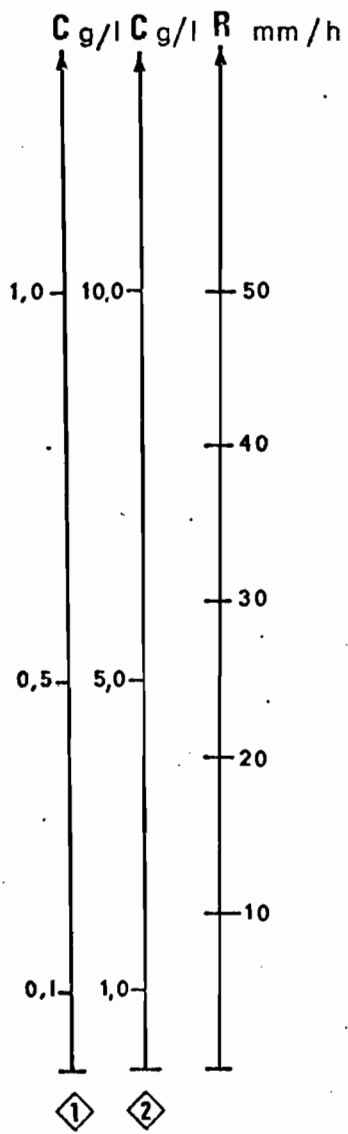
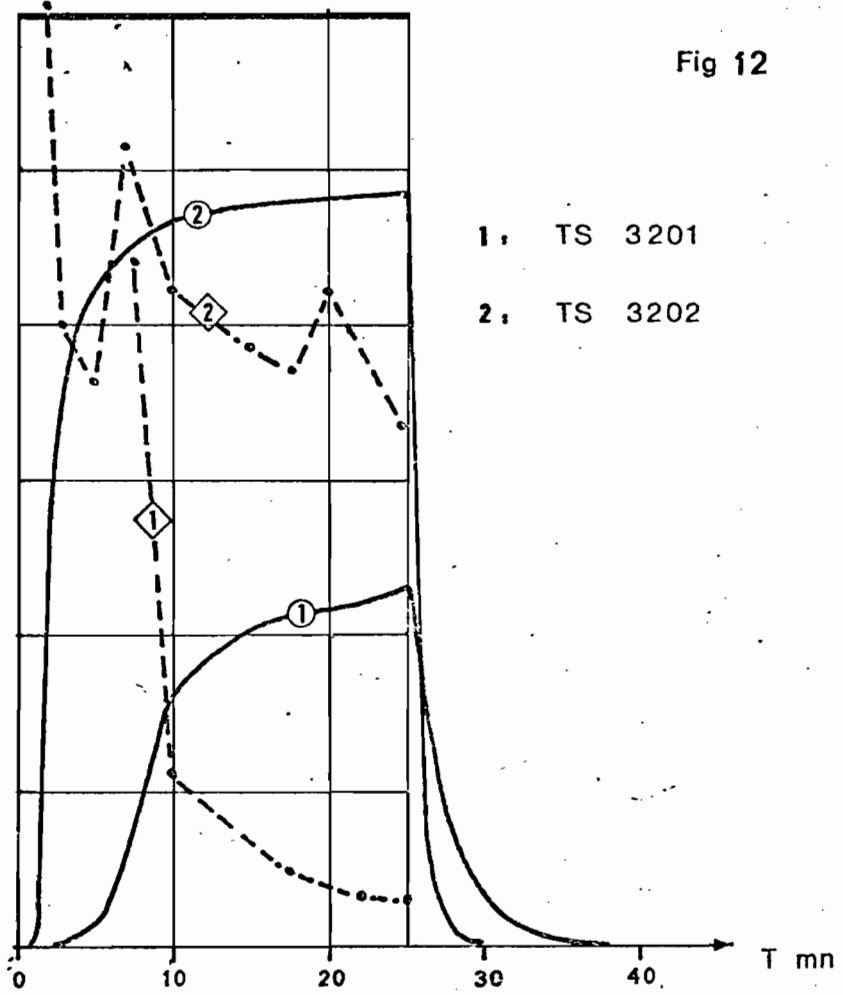
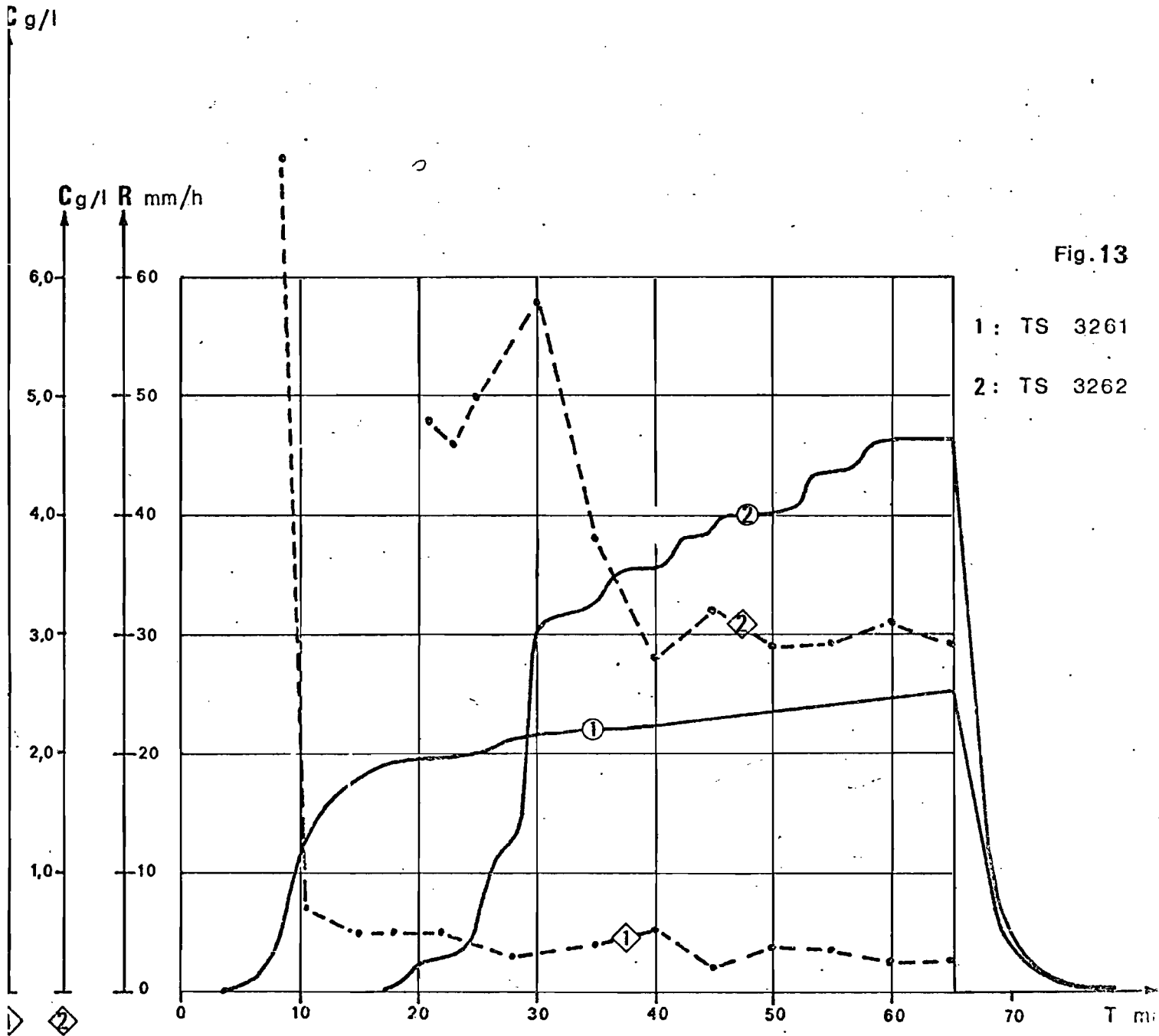


Fig 12





g/l g/l
C C R mm/h

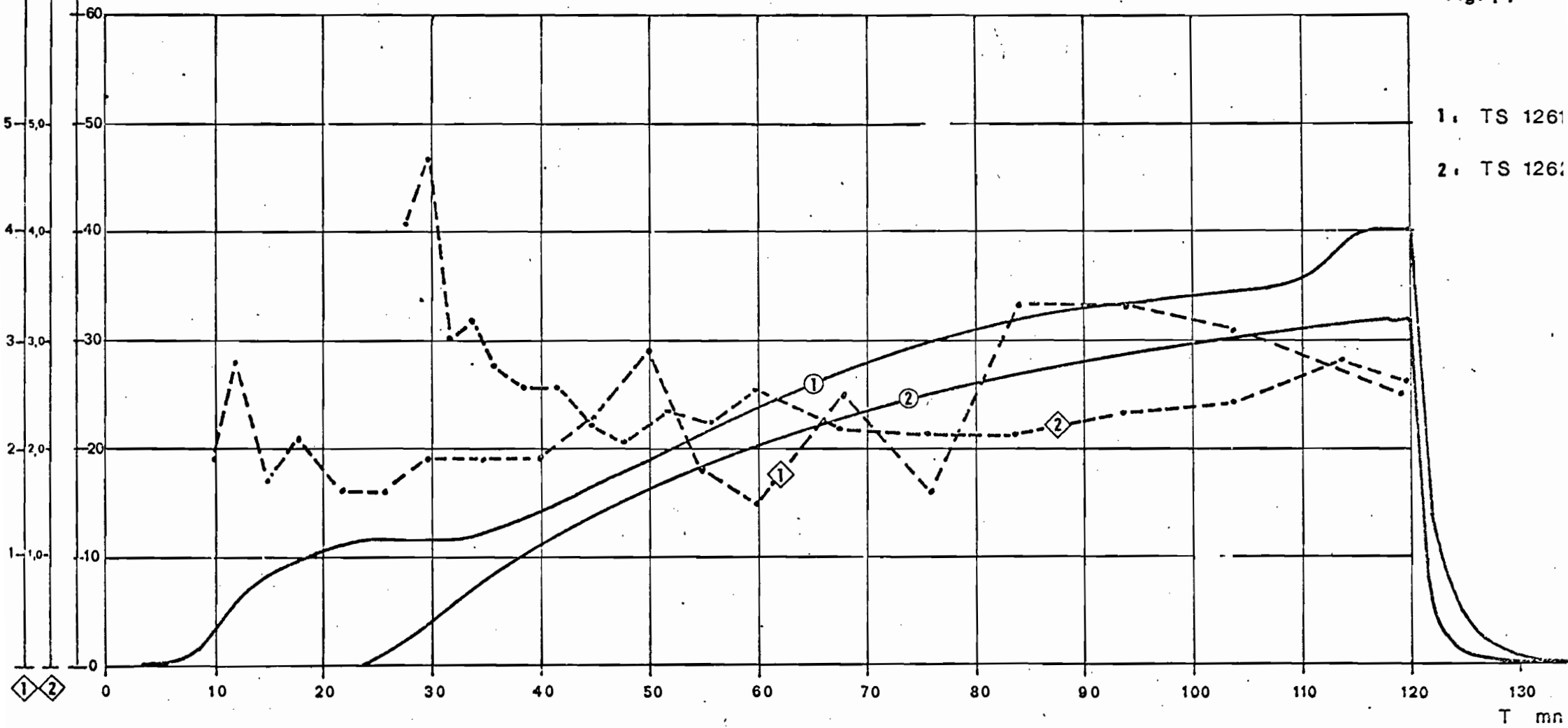


Fig. 14

1. TS 1261

2. TS 1262

T min