

**CONSEQUENCES DES FAÇONS CULTURALES EN FIN DE SAISON
SECHE SUR LE REGIME HYDRIQUE ET L'EROSION
DES TERRES DU KAIROUANAIS**

**(ETUDE EXPERIMENTALE A L'AIDE DU SIMULATEUR
DE PLUIES. SIDI ALI BEN SALEM, AOUT 1986)**

Par : A. BAHRI Géomorphologue à la Direction des Sols
R. PONTANIER, Pédologue à l'O.R.S.T.O.M.
B. DRIDI, Adjoint Technlque à la Direction des sols (Novembre 1986)

E-S 244

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES SOLS

* * *

CONSEQUENCES DES FAÇONS CULTURALES EN FIN
DE SAISON SECHE SUR LE REGIME HYDRIQUE ET
L'EROSION DES TERRES DU KAIROUANAIS

(Etude expérimentale à l'aide du simulateur
de pluies. Sidi Ali Ben Salem, Août 1986)

Par

A.A. BAHRI, géomorphologue à la D.S

R. PONTANIER, pédologue à l'ORSTOM

B. DRIDI, adjoint technique à la D.S

Novembre 1986

PROBLEMATIQUE

Au cours du séminaire de Kairouan (6 et 7 mai 1986), organisé par la Direction des Sols, il a été montré en utilisant la notion d'efficacité des pluies dans la recharge des réserves en eau du sol, ainsi que le régime hydrique de ceux-ci, que les végétaux se trouvaient confrontés à une aridité dite "édaphique", différente de celle admise habituellement par les climatologues, et dont la répartition spatiale est liée à celle des formes édaphiques (FLORET et PONTANIER, 1982, 1984). Par ailleurs, une intervention des responsables de l'OMIVAK ⁽¹⁾ insistait sur le fait que dans le Kairouanais de fortes pluies précoces en automne ne garantissaient pas forcément une bonne recharge hydrique des sols, et le succès des emblavures en céréales, en raison des fortes quantités d'eau de pluie perdues par ruissellement. Aussi une des recommandations du séminaire a été la suivante : "Peut-on par un travail du sol, effectué avant la saison des pluies, limiter, sur les terres réservées à l'aridoculture, les pertes d'eau par ruissellement et par évaporation, augmenter le stockage de l'eau, en un mot améliorer le régime hydrique du sol?"

C'est dans ce contexte que la Direction des Sols et l'OMIVAK ont décidé de mettre en place un programme d'études permettant d'orienter les actions futures et de répondre en partie aux questions suivantes :

- (i) Quels types de préparation effectuer?
- (ii) De combien améliore-t-on l'infiltration et le stockage de l'eau, en fonction du type de préparation?
- (iii) Quand faut-il intervenir?
- (iv) Quelles seront les conséquences des différents types de de préparation sur l'érodibilité des terres?
- (v) Sur quels types de milieux intervenir?

Pour réaliser ces objectifs, il a été décidé dans un premier temps, sur un site des plaines alluviales argileuses du Kairouanais (interfluve O. Zeroud, O. Merguelil) :

(1) Office de mise en valeur du Kairouanais

- 1) de suivre le bilan hydrique du sol en conditions naturelles, et en fonction des types de préparation des terres;
- 2) de tester l'infiltrabilité et l'érodibilité du sol sur des différents traitements, soumis à des averses contrôlées en fin de saison sèche (fin août/début septembre).

Par la suite, nous comptons étendre la méthode à d'autres sites de la région.

La présente note a pour objet de présenter les résultats du 2ème point qui doivent pouvoir guider les aménagistes dans leur choix. Les observations effectuées en conditions naturelles, nécessitant une période plus longue, seront diffusées ultérieurement.

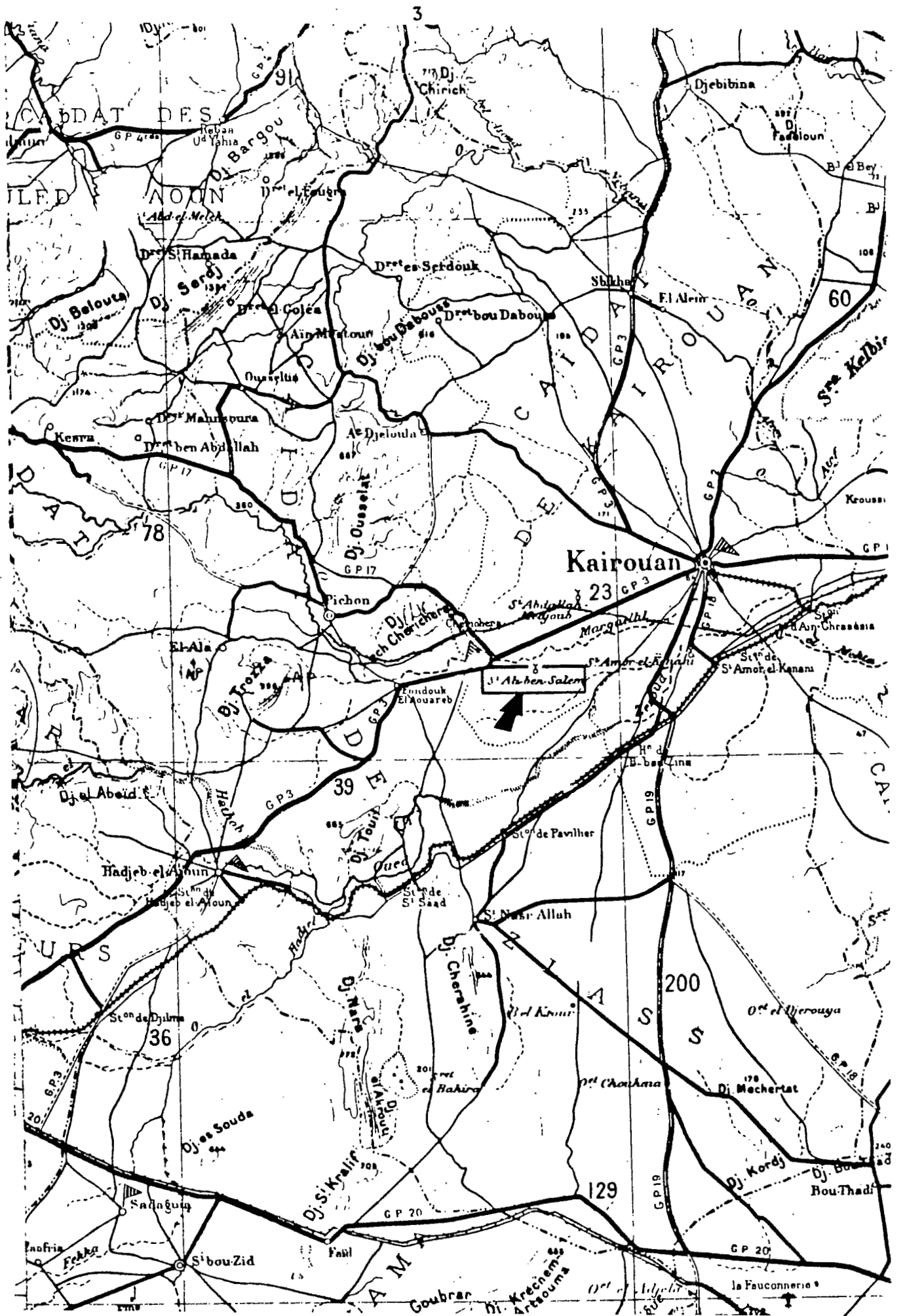


Fig. 1 - CARTE DE LOCALISATION DU SITE DE SI ALI BEN SALEM

1. MATERIEL ET METHODE

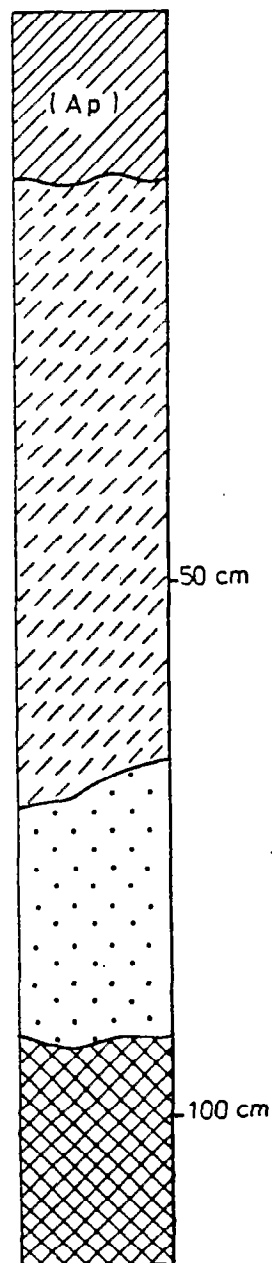
Le choix d'une première zone d'étude s'est porté sur les terres à vocation céréalière situées à proximité du périmètre irrigué de Sⁱ Ali Ben Salem II (cf. fig. n°1 plan de situation). Sur cette zone ont été implantés des points de mesure du bilan hydrique en conditions naturelles, ainsi que des emplacements de simulation de pluie, qui a eu lieu à la fin du mois d'août 1986.

1.1 Le milieu édaphique

Localisé au sommet d'un interfluve, caractéristique des plaines alluviales des O. Zeroud et Merguelil, le site présente une pente générale faible orientée vers le bassin du Zeroud. Ces terres de texture lourde, réservées à la céréalicul-ture lors des années pluvieuses, n'ont pas été labourées depuis 4 ans. Leur surface est très battante (pellicule de 2 à 3 mm d'épaisseur) et est dépourvue de toute végétation (couvert végétal < 1 %). Les indices de ruissellement et d'érosion en nappe peuvent être observés, par contre c'est seulement à l'aval de la forme que l'on peut noter un début de hiérarchisa-tion du ruissellement et de l'érosion en rigoles. Le sol très homogène sur l'ensemble du site est constitué essentiellement de trois matériaux alluviaux bien contrastés : 0-70 cm un maté-riau argilo-limoneux, comportant au sommet un ancien horizon de labour remanié de texture plus légère, 70-90 cm, un matériau sableux, et au-delà de 90 cm, un matériau très argileux. La figure n°2 donne les caractéristiques principales de ce sol, considéré comme peu évolué d'apport alluvial à salure de pro-fondeur (BUREAU et al., 1966).

1.2 Le simulateur de pluie

Le simulateur de pluie est l'appareil qui permet de tester l'infiltration (ou l'aptitude au ruissellement), ainsi que l'érodibilité des sols sur des échantillons de 1 m², repré-sentatifs des types de surface, tout en contrôlant les hauteurs précipitées et les intensités (PONTANIER et al., 1985).



Granulometrie %					Densité appar.	Hv % à		Gypse %	Calcaire total %	pH	M.org. %	Remarques
0_2 μ	2_20	20_50	50_200	200_2000		0,5 bar	16 bars					
29	25	12	29	4	1,45	32,5	15,0	0,2	43	8,5	1,0	Ancien horizon labour pellicule battance
38	25	11	20	3	1,53	35,5	18,5	0,1	44	8,5	0,7	Présence fentes - bien structuré
35	24	15	22	2	1,65	36,5	19,5	1,7	46	8,3	0,4	Compact. massif
10	6	8	50	25	1,54	11,3	6,4	0,4	40	8,4	0,2	Passée sableuse
52	31	10	4	2	1,60	51,0	30,5	1,9	43	8,2	0,6	Compact. Frais

Fig. 2. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU SOL A Si AU BEN SALEM

Nous emprunterons à ESCADAFAL et al, 1986 la description de l'appareillage et son principe de fonctionnement.

"Les techniques de simulation de pluie se sont développées depuis de nombreuses années, en particulier aux Etats-Unis. Les premiers appareils étaient encombrants, lourds à mettre en oeuvre et coûteux aussi bien à la construction qu'en fonctionnement, car ils étaient conçus pour arroser une surface relativement importante.

Ainsi, après avoir construit et utilisé entre 1971 et 1982 un gros simulateur couvrant une surface circulaire de 200 m² et accumulé un nombre impressionnant de données, l'équipe ORSTOM de Côte d'Ivoire s'est orientée vers la réalisation d'un appareil plus simple d'utilisation, réalisable et fonctionnant avec un budget beaucoup plus modeste.

Ceci a conduit à la mise au point à Abidjan par ASSELINE et VALENTIN (1978), d'un appareil travaillant sur des petites parcelles de 1 m² avec des intensités variables et réglables au cours de l'averse, inspiré de l'infiltromètre à aspersion de BERTRAND et PARR.

Le principe de base de tous ces appareils est de produire un flux de gouttes d'eau de taille et d'énergie cinétique comparable à celui des gouttes de pluie naturelles dans le milieu étudié. Comme dans toute expérimentation, on cherche à maîtriser le maximum de facteurs, la répartition spatiale des gouttes doit donc être homogène, l'intensité de la pluie réglable et stabilisable pendant la durée de l'essai qui doit également être modifiable à volonté.

Dans le cas du mini-simulateur ORSTOM, ceci est réalisé à partir, d'un bâti-cadre de 4m de hauteur, au sommet duquel un gicleur animé d'un mouvement de balancier arrose le sol (cf. fig. 3). Le réglage de l'amplitude des oscillations permet de couvrir une surface plus étroite ou plus large et d'obtenir ainsi une intensité de pluie mesurée sur la parcelle plus faible ou plus forte.

Au sol, la parcelle d'essai est limitée par un cadre métallique d'un mètre de côté, l'eau qui y ruisselle est recueillie dans une cuve dont le niveau est enregistré par un limnigraphe

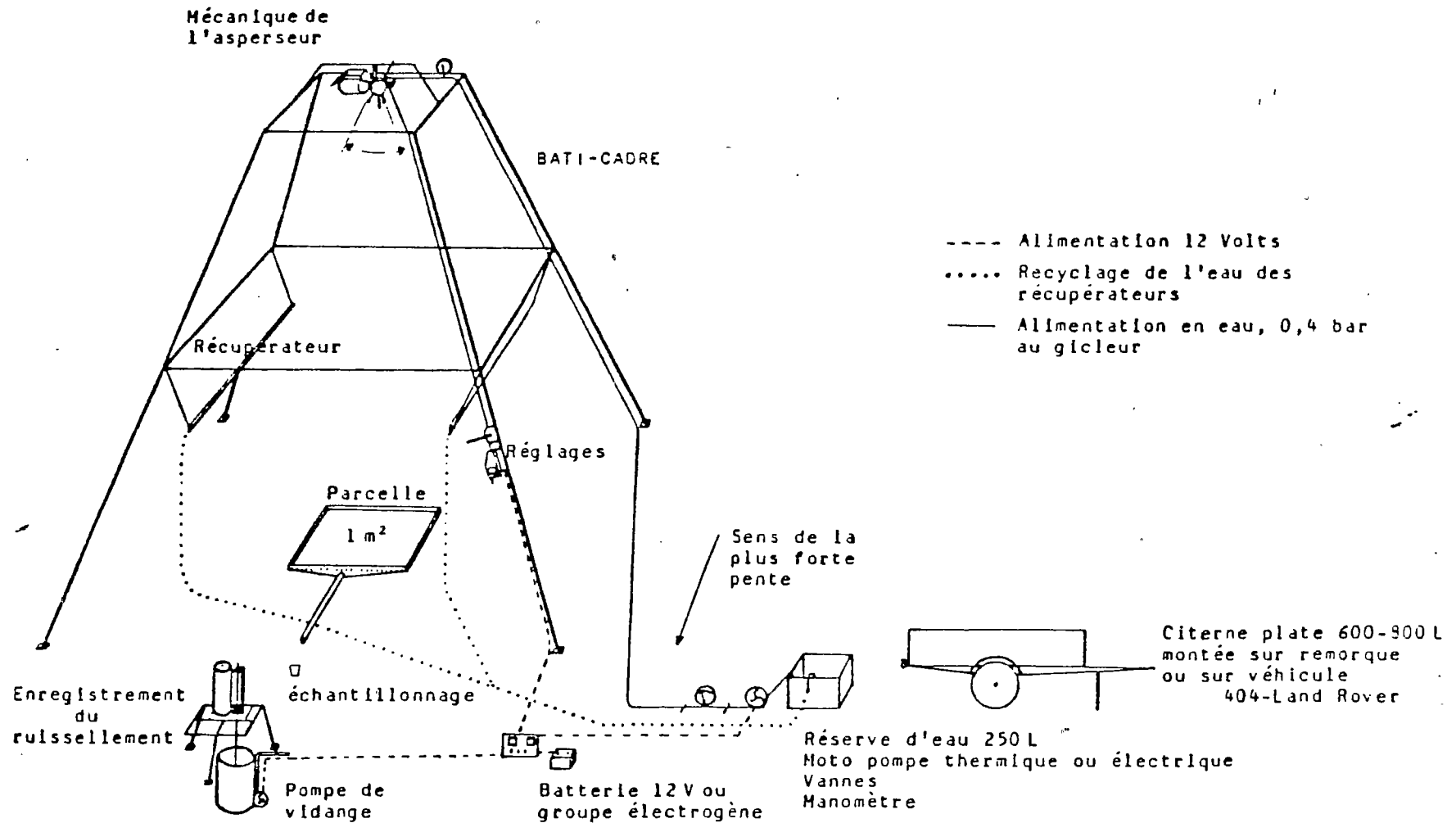


FIG.3 - SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE L'INFILTROMETRE A ASPERSION

à mouvement rapide. L'intensité d'infiltration est ainsi déterminée par différence entre intensité de pluie simulée et intensité de ruissellement. Par ailleurs, des prélèvements de l'eau ruisselée permettent d'en mesurer la turbidité à intervalles réguliers (pour l'estimation de la susceptibilité du sol à l'érosion hydrique)

1.3 Le protocole d'essais

Rappelons que nous avons cherché à étudier l'influence de la préparation des terres avant les pluies d'automne, sur le stockage de l'eau dans le sol, et sur la sensibilité des terres à l'érosion.

La préparation des terres

Elle s'est effectuée le 19.08.86, une semaine avant les simulations. Les quatre traitements retenus ont été effectués sur un sol homogène, présentant en surface un état extrême de dessiccation ($H\%p = 1,3 \%$ entre 0 et 10 cm et $2,5 \%$ entre 10 et 20 cm). Quatre parcelles de $1m^2$ ont été installées sur ces préparations, elles sont situées dans un rayon de 50 mètres (cf. fig. n°4).

SABS₁ Sol labouré perpendiculairement à la pente avec une charrue trisocs; cette préparation a été difficile en raison de la compacité et de la sécheresse du sol; la profondeur du labour a été de 15 à 20 cm et ce travail a rendu une surface très motteuse (mottes stables dépassant le dm), présentant un indice de rugosité supérieur à 16 %.

SABS₂ Sol labouré perpendiculairement à la pente avec une déchau-meuse polydisques. Travail à 8 - 10 cm, émiettage du sol, pulvérisation, peu de mottes stables, indice de rugosité 4,6 %.

SABS₃ Sol non labouré. Surface très battante et relativement lisse. Légèrement fendillée. Pellicule tendant à être soufflée par endroit. Indice de rugosité 2,4 %.

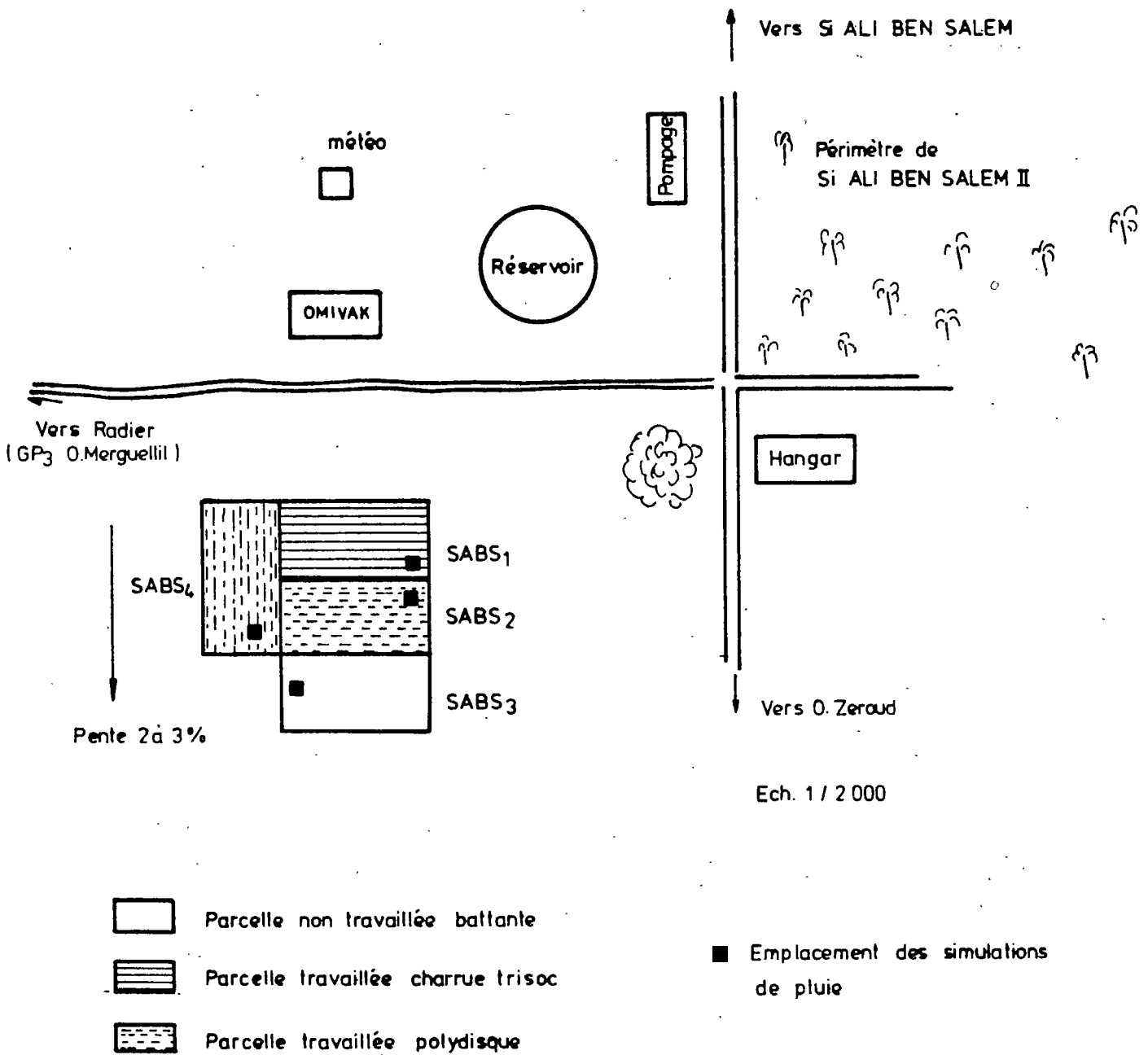
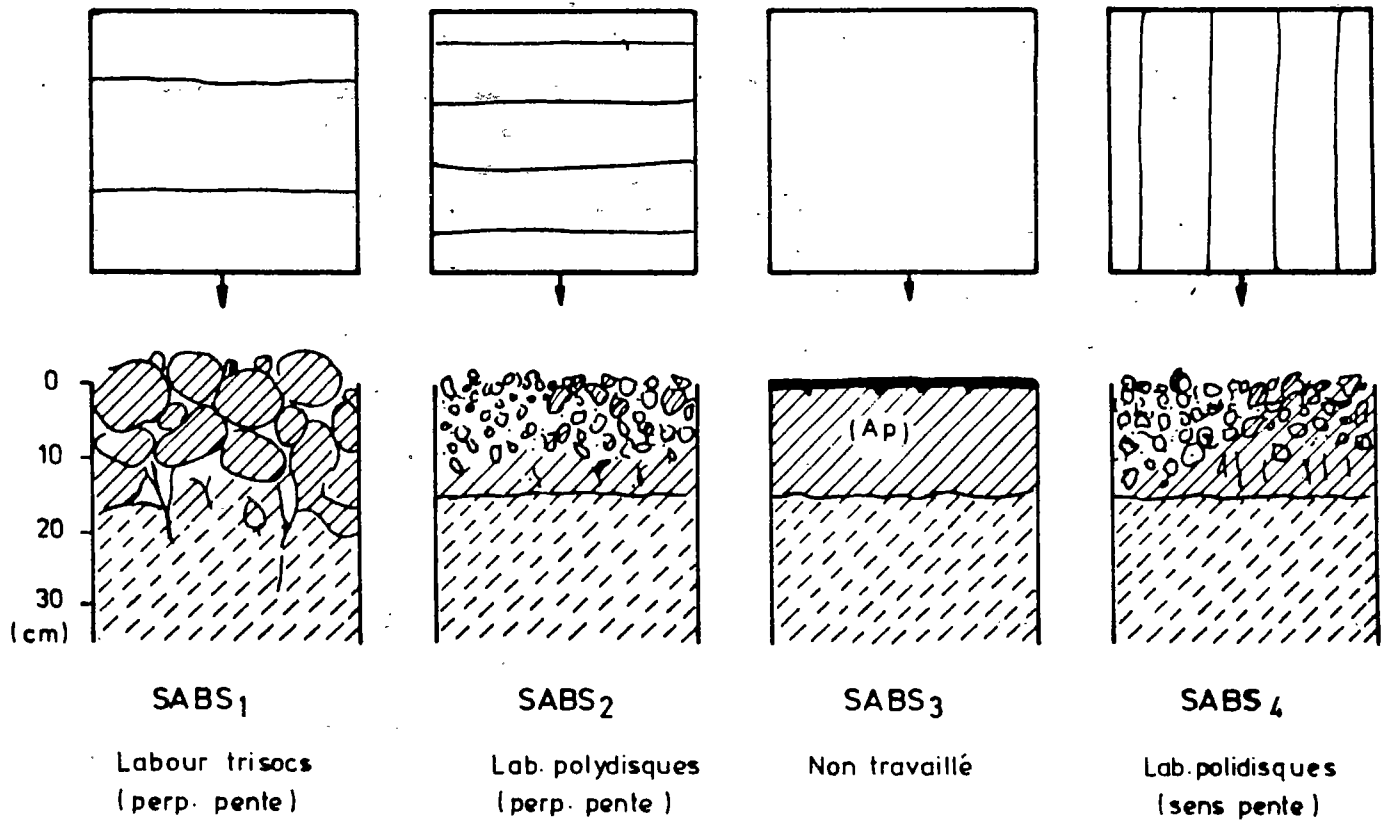


Fig.4- PLAN DE SITUATION DES PARCELLES DE SI ALI BEN SALEM



Pente %	3,0	3,0	2,5	2,5	
Surface du sol	Surface très mottuse; Structure très stable	Surface avec petites mottes. terre émiétée. Fragile	Surface très battante % battance 95 % légèrement fendillée	Idem SABS ₂	
Indice rugosité %	Sens pente	16,62	3,75	2,15	5,1
	Perp. pente	16,29	5,43	2,71	5,47
	Total	16,45	4,60	2,43	5,28
Densité appar. (0-5 cm)	Avant P ₁	1,09	1,32	1,45	1,31
	Après P ₃	1,21	1,44	1,46	1,45

Fig. 5_ REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES TYPES DE SURFACE A SI AU BEN SALEM

SABS₄ Même préparation, mais dans le sens de la pente et même aspect que pour SABS₂. Indice de rugosité 5,2 %.

La figure n°5 donne les caractéristiques principales des surfaces des quatre parcelles.

Les indices de rugosité ont été mesurés par la méthode des points quadrats en utilisant des aiguilles; chaque m² fait l'objet de 361 points de mesure de hauteur.

Si $(h_i - h_{i+1})$ est la différence de hauteur entre le point i et le point $i + 1$, distant de d , l'indice de rugosité R (ESCADAFAL, 1981) est exprimé par la relation

$$R \% = \frac{L - L_0}{L} \times 100$$

où

$$L_0 = (n-1) \cdot d$$

et

$$L = \sum_0^n l_i \quad \text{avec}$$

$$l_i = \sqrt{d^2 + (h_i - h_{i+1})^2}$$

LE PROTOCOLE D'AVERSES - SA REPRESENTATIVITE

Lors de cette campagne nous avons appliqué des protocoles reproduisant des averses à hauteurs et intensités assez élevées, telles qu'il s'en produit en fin de saison estivale. C'est d'ailleurs ces types d'averses qui sont importants pour les campagnes céréalières de ces régions arides et semi-arides. Par ailleurs, ce sont généralement ces pluies fortes d'automne qui engendrent de fort dégâts (inondation et érosion).

C'est ainsi qu'en l'absence de données statistiques sur le couple intensité-durée dans le Kairouanais, nous avons décidé d'appliquer le protocole standard utilisé déjà dans le Sud du pays. Le tableau n°1 nous donne le détail de ce protocole, que l'on peut résumer de la façon suivante. Le premier jour on applique sur sol sec une pluie P1, de hauteur = 35 mm, R USA = 33,3, présentant 3 intensités croissantes (20, 40 et 80 mm/h).

Le deuxième jour, après 24h de ressuyage non couvert, on applique $P_2 = 25$ mm en 2 intensités (30 et 60mm/h). On laisse ressuyer 15' et on applique durant 10' une pluie de 20 mm ($I = 120$ mm/h), représentant l'événement d'intensité exceptionnelle.

En 2 jours on a ainsi appliqué une séquence de 3 pluies (6 averses) totalisant une hauteur de 80 mm et présentant un indice de Wischmeier total (1959) de 64,8 .

Tableau n°1 - Caractéristiques des pluies simulées à Sⁱ Ali Ben Salem (26 et 27 août 1986)

n° Pluie	Temps antérieur dernière pluie	Intensité mm/h	Durée (mn)	Hauteur (mm)	R USA Wischmeier	I max 30 (mm/h)
		20	15	5		
P ₁	> 3 mois	40	15	10	33,3	60
		80	15	20		
P ₂	24 h	30	20	10	17,4	45
		60	15	15		
P ₃	15'	120	10	20	14,1	(40) *

* par convention

Concernant la représentativité de ce protocole et sa probabilité d'occurrence dans la région de Kairouan, on peut dire que :

Le choix des hauteurs - en se référant (cf. tableau n°2) à l'étude de CAMUS (1985), $P_1 = 35$ mm représente une pluie journalière pouvant se produire dans la région au moins une fois par an; quant à $P_2 + P_3 = 45$ mm en 24h, il s'agit d'un événement dont la période de retour est d'environ une fois tous les deux ans.

Que dire de la succession P_1, P_2, P_3 en 48 heures, soit 80 mm? Elle existe, on l'a observée de nombreuses fois sur l'ensemble du territoire, mais nous ne pouvons donner, faute d'analyse des séries journalières sur 2 ou 3 jours, de chiffres statistiques.

Tableau n°2 - Période de retour des pluies journalières maximales à Kairouan SM. 54 années (CAMUS, 1985).

! Période de ! retour	! 1 an	! 2 ans	! 5 ans	! 10 ans	! 20 ans	! 50 ans
! Pluie max. ! en 24 h ! (mm)	! 34,2	! 43,8	! 57,5	! 68,7	! 80,5	! 97,0

Le choix des intensités

Là encore on manque de données. On signalera cependant BOUSSABAH, 1971 et BOURGES et al, 1984 (cf. tableaux n°3 et 4), qui donnent à Tunis et à Gabès des intensités limites au non dépassement, qui permettent de situer le choix des intensités retenues dans le protocole; ainsi :

- . La fréquence de retour d'une averse de 10' à 120 mm/h à Gabès est proche de 1 année sur 25 et d'environ 1 année sur 15 à Tunis.
- . Celle de 15' à 80 mm/h est proche de 1 année sur 10 à Gabès comme à Tunis.
- . Celle de 15' à 60 mm/h est voisine de 1 année sur 5 à Gabès comme à Tunis.
- . Celle de 15' à 40 mm/h, est proche de 1 année sur 2 ou 3 à Gabès; cet événement peut se produire 1 ou 2 fois dans l'année à Tunis.
- . Pour les intensités de 20 et 30mm/h en 15 et 20', on peut dire que ces événements se produisent plusieurs fois par an à Tunis comme à Gabès.

Tableau n°3 - Intensité au non dépassement Tunis Manoubia
(BOUSSABAH, 1971)

Fréquence au non dépassement	Durée					
	5'	10'	20'	30'	1 h	2 h
0,1	120	87	68	38	23	15
0,2	104	77	59	31	20	13
0,5	80	60	45	22	14	9

Tableau n°4 - Intensités limites au non dépassement Gabès (mm/h)
(BOURGES et al., 1984)

Fréquence au non-dépassement	Durée								
	5'	10'	15'	30'	45'	1 h	1h30'	2 h	3 h
0,04	144	114	104	86	75	65,0	47	37	29
0,1	116	96	72	60	47	37,4	29	25	19
0,2	70	60	44	31	30	26,7	23	19	13
0,5	54	32	30	23	22	18,2	14	12	8

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les 26 et 27 août 1986 le protocole de simulation de pluie a été appliqué à l'ensemble des quatre parcelles. Ont été mesurés les hauteurs de pluie, les débits de ruissellement, les transports solides, l'état hydrique du sol avant et après la simulation, les densités apparentes de la surface, ainsi que les indices de rugosité.

2.1 Les résultats globaux

L'ensemble des résultats obtenus au cours de cette campagne, sur les parcelles SABS 1, 2, 3, 4 est donné en annexes. Les dépouillements et calculs ont été effectués au micro-ordinateur casio PB 700, utilisant deux logiciels mis au point par ESCADAFAL et ASSELINE (1985) et ASSELINE, CLERY, PONTANIER (1986), permettant d'effectuer les calculs relatifs à la dynamique de l'eau et aux états de surface.

On y trouve en particulier le calcul des indices de rugosité, les tableaux récapitulatifs des averses en valeurs corrigées, les valeurs du ruissellement (débit et coefficients), de l'érosion, ainsi que les courbes correspondantes.

Le tableau n°5 donne une appréciation globale des résultats. On y constate une grande disparité des résultats puisque, pour le même sol, le coefficient d'efficacité de la pluie $K_e = \frac{P \text{ infiltrée}}{P \text{ précipitée}} \%$ varie pour l'ensemble de la séquence des pluies de 98,5 % en SABS₁ (préparation lourde) à 49,8 % en SABS₃ (sol non préparé), l'érosion de 1 m² varie de 0 à 3,181 tonne/ha, et que la lame d'eau infiltrée varie de 79,7 mm à 39,8 mm pour 80 mm précipités, pour ces mêmes parcelles; cette diversité des résultats est uniquement due aux techniques de préparation des terres.

2.2 Discussions

Une analyse plus précise va nous permettre de déterminer ces premiers résultats globaux.

L'INFILTRATION ET L'EFFICACITE DE LA PLUIE DANS LA RECHARGE DES RESERVES HYDRIQUES DU SOL

On constate dans tous les cas qu'au cours d'une averse le sol s'humecte dans une première phase avant de ruisseler. Cette phase d'humectation peut être plus ou moins longue. Elle est fonction du type de préparation des terres et aussi de l'état hydrique de l'horizon de surface.

Tableau n°5 - RESULTATS GLOBAUX DES SIMULATIONS DE PLUIE A SIDI ALI BEN SALEM

Parcelle n°	Réf. Pluie	Intensité mm/h			Hauteur (mm)		KE %	Kru %	Erodibilité kg/ha
		I ₁	I ₂	I ₃	Précipitée	Infiltrée			
SABS ₁ Labour trisocs (avant P ₁)	P ₁	24,0	39,0	79,8	35,7	35,2	98,7	1,4	0
	P ₂	30,5	60,0	-	95,2	25,1	99,6	0,3	0
	P ₃	1200	-	-	20,0	19,4	97,0	3,0	0
	Total	-	-	-	80,9	79,7	98,5	1,5	0
SABS ₂ Labour poly- disques perp. pente (avant P ₁)	P ₁	21,0	39,5	80,5	35,1	33,7	96,0	3,9	102
	P ₂	30,0	59,0	-	24,8	21,1	85,1	14,8	238
	P ₃	1200	-	-	20,0	11,1	55,5	44,5	1564
	Total	-	-	-	79,9	65,9	82,5	17,5	1904
SABS ₃ Sol non tra- vaillé, très battant	P ₁	20,0	39,5	80,0	34,9	21,6	61,9	38,4	596
	P ₂	29,5	58,6	-	24,5	12,6	51,4	48,4	357
	P ₃	1200	-	-	20,0	5,6	28,1	79,9	874
	Total	-	-	-	79,9	39,8	49,8	50,2	1827
SABS ₄ Labour poly- disques, sens de la pente (avant P ₁)	P ₁	22,0	40,0	80,0	35,5	32,8	92,4	7,6	163
	P ₂	30,0	61,4	-	25,4	18,5	72,8	26,9	320
	P ₃	1200	-	-	20,0	6,8	34,0	65,9	2698
	Total	-	-	-	80,9	58,1	71,8	28,2	3181

Faibles intensités

Ainsi (cf. Tableau n°6) les premières averses de 20 et 40 mm/h de P_1 se sont pratiquement totalement infiltrées sur l'ensemble des parcelles, à l'exception du sol non labouré qui a très légèrement ruisselé à la fin de l'averse de 40 mm/h. Sur le sol mouillé (2ème jour de simulation), là encore l'averse de 30 mm/h, sauf sur $SABS_3$, est pratiquement totalement infiltrée

Fortes intensités

Par contre, les averses à fortes intensités, 60, 80 et 120 mm/h, s'infiltrent dans des proportions variables. Si sur $SABS_1$ $KE = 98,5 \%$, sur $SABS_2$ à 80 mm KE, coefficient d'efficacité de la pluie, est encore égal à 93,6 %, à 86,7 % sur $SABS_4$, mais seulement à 35,5 % sur le sol non labouré ($SABS_3$).

Lors du 2ème jour, on observe toujours dans le tableau n°6 une infiltration proche de 100 % pour $SABS_1$ (labour trisocs) malgré les intensités de 60 et 120 mm/h.

Tableau n°6 - Valeur du coefficient d'efficacité de la pluie KE % dans la recharge des réserves hydriques du sol

	I mm/h	$SABS_1$ (trisocs)	Polydisques		Sol non travaillé $SABS_3$
			$SABS_2$	$SABS_4$	
	20	100	100	100	100
1er jour P_1	40	100	100	100	95,9
	80	98,5	93,6	86,7	35,5
	30	100	98,0	96,2	85,7
2° jour P_2	60	99,5	76,4	57,8	29,3
P_3	120	97,0	55,5	34,0	28,0

Par contre si le sol travaillé à la "polydisques" perpendiculairement à la pente s'humecte encore correctement, sauf pour P_3 , on voit que pour le labour dans le sens de la pente, l'humectation

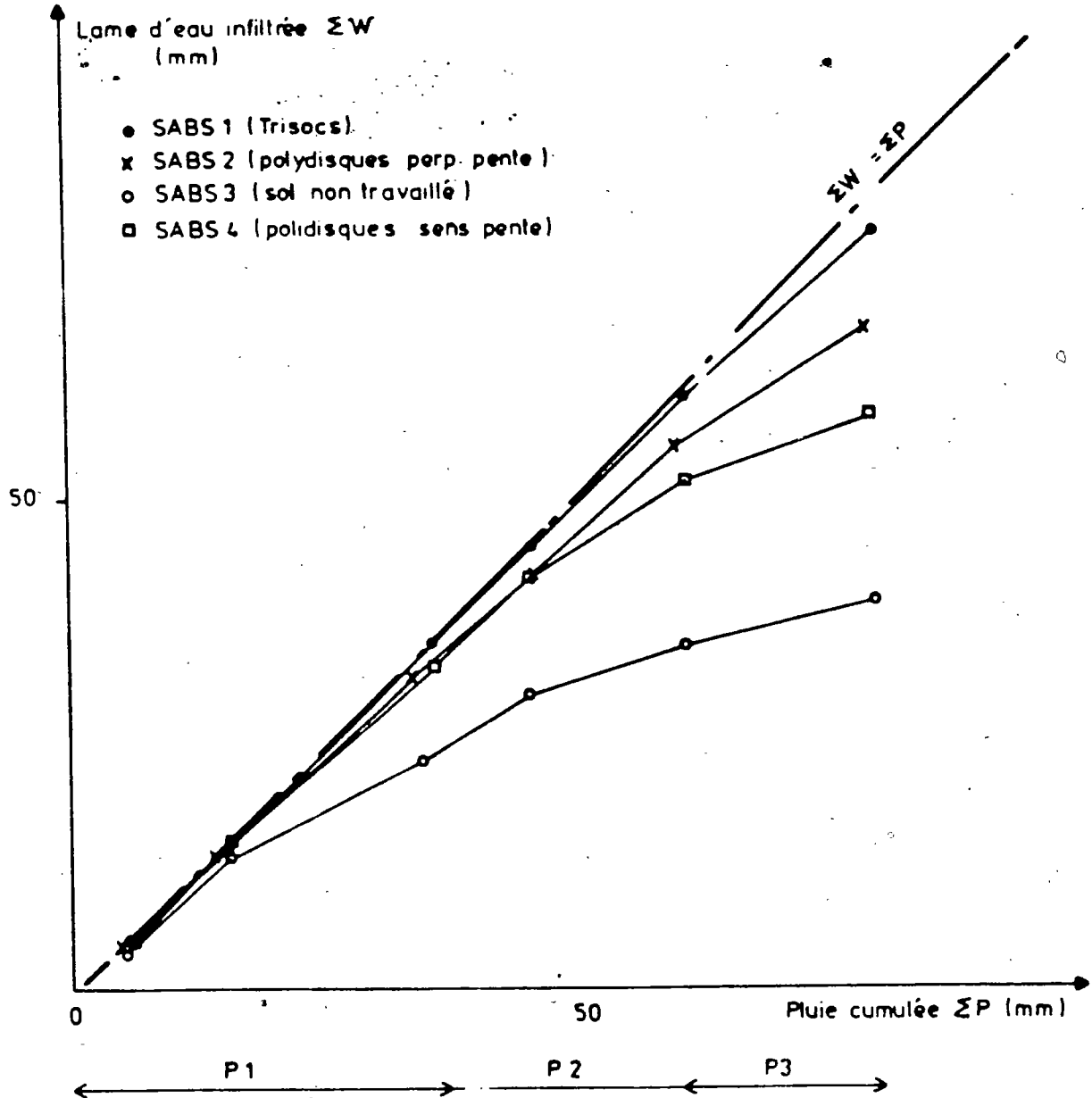


Fig. 6. QUANTITE D EAU INFILTREE DANS LE SOL ET PLUIE CUMULEE SUR LES PARCELLES DE SI ALI BEN SALEM

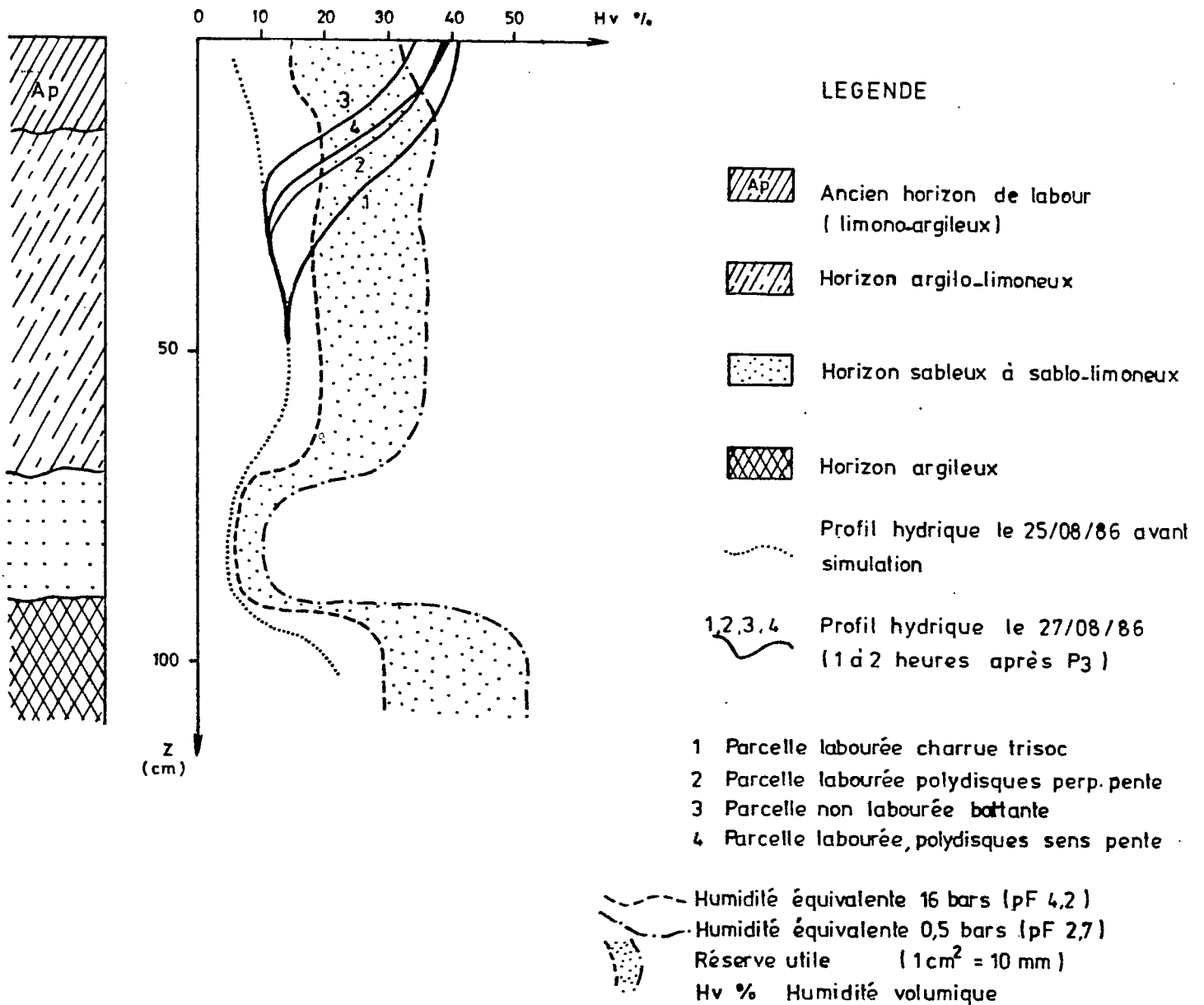


Fig.7 - PROFILS HYDRIQUES COMPARES DES PARCELLES DE SI ALI BEN SALEM APRES LA CAMPAGNE DE SIMULATION DE PLUIE (Hauteur de pluie appliquée 80 mm)

se dégrade très vite, pour atteindre lors de P_3 une valeur de KE proche de celle de $SABS_3$ (non travaillé) 34 et 28 %.

Dans la figure n°6 on a voulu, d'une part, montrer la dynamique de l'humectation des différentes parcelles au cours de cette campagne de simulation en corrélant les hauteurs précipitées cumulées ΣP , et les hauteurs d'eau infiltrées cumulées ΣW ; cette figure résume remarquablement bien ce qui a été avancé précédemment.

La figure n°7 est une illustration de l'état hydrique du sol avant et après la simulation, en fonction des différents types de préparation. Là encore on y constate l'intérêt des labours profonds pour la pénétration de l'eau (profondeur et quantité et pour la disponibilité en eau pour le végétal.

LE RUISSELLEMENT

Le ruissellement pris en compte $K_{ru} \%$ est le rapport entre la quantité d'eau ruisselée et la quantité totale de pluie qui a provoqué ce ruissellement.

Le ruissellement est un processus fondamental à étudier dans nos essais car il est l'agent principal de l'érosion. L'ensemble des résultats, en annexe, nous montre qu'il est très variable et varie en fonction de l'intensité, de l'état de la surface du sol et de son humidité. Il est intéressant de le comparer directement aux intensités appliquées. Les résultats montrent en fait que l'intensité de ruissellement exprimée en mm/h n'est pas très stable, bien qu'en théorie à intensité constante, ce ruissellement doit atteindre un maximum stabilisé, appelé R_x . Ce chiffre est très important, car il définit pour chaque type de sol ou de surface un seuil, à partir duquel l'intensité de la pluie déclenche le ruissellement; ce seuil peut être appelé "intensité limite au ruissellement".

On s'est efforcé, malgré les difficultés, de définir dans le tableau n°7, pour l'ensemble des parcelles et des averses ayant provoqué un ruissellement, les valeurs de R_x ; elles sont

très disparates puisque, pour la gamme d'intensité 30 à 120 mm/h, il varie de 2,8 mm à 98,2 mm/h.

Tableau n°7 - Valeur du ruissellement maximum "stabilisé"
RX (mm/h) (Si Ali Ben Salem)

		SOL SEC		SOL HUMIDE		
		P ₁		P ₂		P ₃
		15' à 40 mm/h	15' à 80mm/h	20' à 30mm/h	15' à 60mm/h	10' à 120mm/h
Parcelles travaillées	SABS ₁	-	-	-	-	6,3
	SABS ₂	-	15,6	1,8	15,3	76,2
	SABS ₄	-	16,5	3,6	29,0	94,1
Parcelle non travaillée	SABS ₃	7,4	56,0	9,8	40,0	98,2

L'étude en détail de ce tableau montre, seulement pour le 2ème jour, donc sur un sol humide et ressuyé en surface, d'assez bonnes corrélations entre Rx et I., et ceci par type de préparation des terres. On y constate en particulier que, pour le sol non labouré humide, l'intensité limite au ruissellement est voisine de 20mm/h, que pour le sol labouré à la "polydisques" perpendiculairement à la pente, elle serait de l'ordre de 40-45 mm/h, et de 30 à 35 dans le cas du labour dans le sens de la pente, et 110 mm/h dans le cas du labour "trisocs".

Cependant, à part le cas de la parcelle non labourée, comme on peut le voir sur la figure n°8, où la corrélation est très bonne, ces chiffres sont sujets à critique et surtout il faut voir qu'au fur et à mesure que le sol travaillé (principalement dans le cas de la "polydisques"), reçoit de la pluie, la surface a tendance à revenir à l'état initial proche de SABS₃, comme le montre d'ailleurs les mesures de densité apparente (fig. n°5).

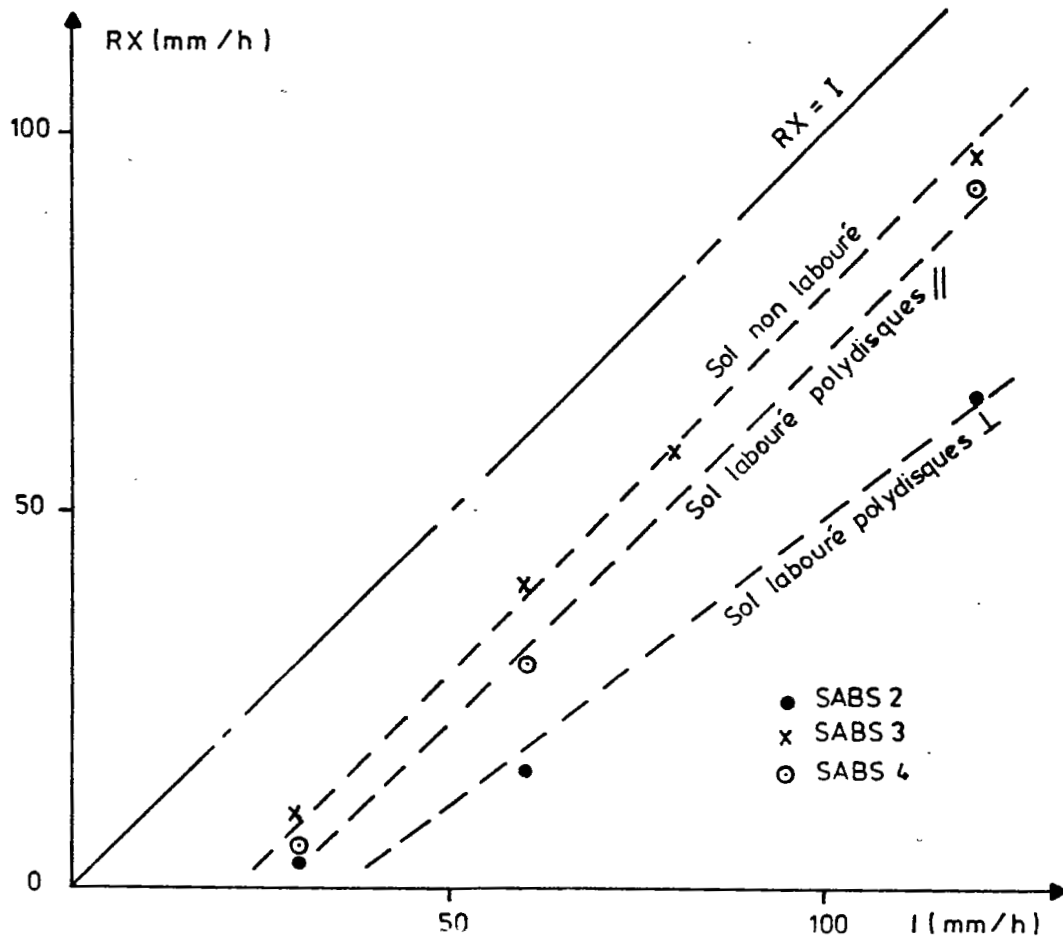


Fig. 8 - RELATIONS RX / I SUR SOL HUMIDE. (2^o JOUR) - EN FONCTION DE LA PREPARATION DES TERRES

ERODIBILITE DES TERRES

Il est évident qu'à l'échelle du travail entrepris, les processus concernant l'érosion au champ ou sur versant ne peuvent être abordés. Dans ce qui suit, l'érodibilité ou la sensibilité à "l'arrachage" ou à la "détachabilité", est assimilée à la mesure d'érosion, uniquement en nappe, sur 1 m².

Le tableau n °5 montre que l'érodibilité est en rapport direct avec la lame ruisselée et le type de préparation des terres. Sauf dans le cas d'un labour très profond (SABS₁), n'induisant aucune perte par ruissellement, on constate d'une manière générale que le travail du sol à la "polydisques", même s'il diminue le ruissellement, augmente la sensibilité des terres à être "arrachées". Ainsi la parcelle SABS₃ qui a le plus ruisselé n'est pas celle qui s'est érodée le plus fortement, comme le montre le tableau n °5 et les deux régressions effectuées sur P₂ et P₄, d'une part et sur P₃, d'autre part.

$$\text{Log } E = 0,1966 \text{ LR} + 1,468 \quad \text{pour } P_2 \text{ et } P_4$$

$$(r = 0,911) \text{ ou } \bar{m} \text{ LR} = 4,72 \text{ mm}$$

$$\text{Log } E = 0,1124 \text{ LR} + 1,293 \quad \text{pour } P_3$$

$$(r = 0,993) \text{ ou } \bar{m} \text{ LR} = 9,24 \text{ mm}$$

où E = Erosion mesurée sur 1 m² en kg/ha

LR = Lame ruisselée pendant l'averse (en mm)

Toujours pour illustrer le fait que le travail du sol augmente la sensibilité des terres, on a montré au cours de l'ensemble des pluies de nos essais que le millimètre ruisselé induisait sur les parcelles labourées une érosion moyenne de 136 et 140 kg/ha, respectivement pour SABS₂ et SABS₄ et seulement 46 kg/ha sur SABS₃ (sol non labouré). Ainsi dans les conditions de notre étude les sols labourés à la charrue "polydisques" se sont montrés 3 fois plus sensibles à l'arrachage que le sol non labouré.

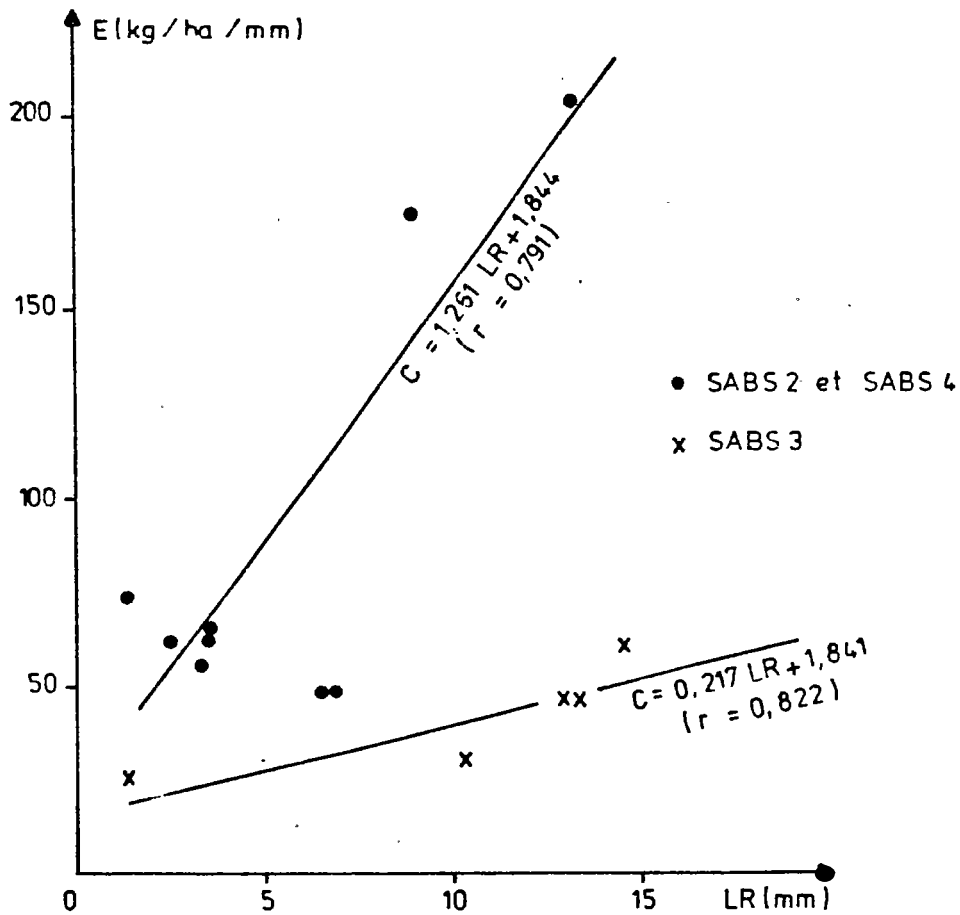


Fig. 9. EROSIVITE COMPAREE DU MILLIMETRE D'EAU RUISSELE EN FONCTION DE LA LAME RUISSELEE ET DE LA PREPARATION DES TERRES (Correlation valable pour $LR > 1\text{mm}$)

En fait, l'érosivité du millimètre d'eau ruisselée n'est pas constanté, mais augmente avec la quantité totale d'eau ruisselée au cours d'une averse. C'est ce qui est montré sur les graphes de la figure n°9 ,où nous avons calculé pour SABS₂ et SABS₄, d'une part et SABS₃ , d'autre part, les relations entre l'érosivité du millimètre d'eau et la lame ruisselée qui l'a produit. Cette érosivité est assimilée à la quantité de matière transportée par un mm d'eau ruisselée sur 1 m² et exprimée en kilogramme par hectare. Ainsi, on constate ici que pour des lames ruisselées supérieures à 1 mm, le mm ruisselé est 4 à 5 fois plus agressif dans le cas des sols labourés à la charrue "polydisques" que pour les sols nons labourés.

Rappelons que les chiffres cités ici ne représentent que l'érosion élémentaire (en nappe). Aussi, sans vouloir minimiser les risques d'érosion induits par la charrue "polydisques", il est évident qu'en l'absence de travail du sol, l'importance du ruissellement, moins agressif au déclenchement, risque vraisemblablement de provoquer à l'aval, avec la concentration des eaux, une érosion ravinante plus importante que dans le cas des sols travaillés.

CONCLUSIONS

Le but de cette étude était de tester l'impact de différents types de préparation des terres lourdes à vocation céréalière du Kairouanais en fin de saison sèche, sur l'amélioration de l'infiltration et la capacité de stockage de l'eau, tout en prenant en considération les conséquences sur l'érosion, compte tenu du fait que les premières pluies en milieu semi-arides méditerranéen présentent souvent de très fortes intensités.

Pour cette étude expérimentale, on a utilisé les techniques de simulation de pluie et de mesures du bilan hydrique du sol, permettant de contrôler dans ces zones à aléats clima-

tiques importants, hauteurs et intensités à des dates choisies. Ainsi on a appliqué en deux jours sur 4 parcelles du même type de sol, mais préparées différemment, une hauteur d'eau de 80 mm présentant des intensités allant de 20 à 120 mm/h.

Tableau n°8 - Effets globaux du travail du sol sur l'infiltration des pluies et l'érodibilité (Sidi Ali Ben Salem - août 1986 - Séquence de pluies = 80 mm)

	Infiltration		Ruissellement		Erodibilité Kg/ha	Evolution % par rapport sol non travaillé	
	W (mm)	KE %	LR (mm)	Kru %		Infiltration	Erodibilité
Non travaillé SABS ₃	39,8	49,8	40,1	50,2	1827	-	-
Travail du sol Polyd.// SABS ₄	58,1	71,8	22,8	28,2	3181	+ 44	+ 74
Travail du sol Polyd. SABS ₂	65,9	82,5	14,0	17,5	1904	+ 65	+ 4
Travail du sol Trisocs SABS ₁	79,7	98,5	1,2	1,5	0	+ 97	Annulée

Les principaux résultats sont exprimés dans le tableau n°8, où il est montré que :

- (i) d'une façon générale, les labours effectués avant les pluies sur sol sec augmentent de façon considérable l'infiltration des eaux de pluie;
- (ii) le type de préparation des terres n'a pas le même impact sur l'infiltration, ainsi, si le labour profond augmente l'infiltration de 97 % par rapport au sol non labouré, le labour superficiel effectué à la "polydisques", perpendiculairement à la pente, ne l'augmente plus que de 65 % et seulement de 44 % dans le cas où il est effectué dans le sens de la pente;

- (iii) dans le cas du labour superficiel, cette amélioration de l'infiltration tend très vite à disparaître après une certaine quantité de pluie reçue;
- (iv) globalement, l'érosion est en rapport direct avec le ruissellement;
- (v) le travail superficiel des terres, tendant à pulvériser le sol, augmente très fortement l'érodibilité par rapport aux terres non labourées, ainsi le travail dans le sens de la pente augmente de 74 % l'érodibilité du sol par rapport aux surfaces non travaillées;
- (vi) le travail profond ne provoque aucune érosion, pour la séquence de pluie appliquée;
- (vii) le travail superficiel dans le sens de la pente, non seulement diminue de 30 % l'infiltration par rapport à celui effectué perpendiculairement, mais augmente en plus l'érodibilité.

En conclusion, il est évident que la meilleure solution est de pratiquer un labour profond perpendiculairement à la pente qui supprime le ruissellement, donc l'érosion. Cette solution "onéreuse" et techniquement difficile sur sol sec, est-elle envisageable, compte tenu qu'en zone semi-aride l'agriculteur courra le risque, en cas de sécheresse climatique, de voir ses efforts et ses investissements non rentabilisés?

Faut-il pour autant laisser le sol nu? Des résultats préliminaires obtenus, on peut avancer qu'un labour même superficiel, mais perpendiculaire à la pente, permettant de maintenir l'érosion élémentaire à son niveau actuel, et augmentant très fortement l'infiltration, est la solution du "moindre mal".

De toute façon il est préférable de laisser le sol non travaillé plutôt que d'effectuer un labour superficiel dans le sens de la pente, malgré le gain sur l'infiltration.

Ces premiers résultats nécessitent des répétitions sur d'autres formes édaphiques et doivent être confrontés et intégrés aux études réalisées à d'autres échelles. Néanmoins, dans le cadre de la réalisation d'un référentiel technique sur l'hydrodynamique, comparatif des différents types de milieu en Tunisie, la méthodologie utilisée ici pourrait être retenue, généralisée et utilisée par les aménagistes du développement rural.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELINE, J., VALENTIN, Ch. (1978) - Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cab. ORSTOM ser. Hyd. Vol. XV n°4 1978 : 321 - 349.
- BOURGES, J., FLORET, C., GIRARD, G., PONTANIER, R. (1984) - Dynamique de l'eau sur un glaciais du Sud tunisien (type Segui) DRE, DS Tunis, ORSTOM Paris, CEPE/CNRS Montpellier 86 p.
- BOUSSABAH, M. (1971) - Etude des intensités maximales de Tunis - Monarbia. Direction des ressources en eau Tunis 6 p. ronéo + annexes.
- BUREAU, P., CHOVET, W., ELIZECHEA, E. (1966) - Etude des périmètres irrigables dans la région de Kairouan (Bir Zeddane, SⁱAli Ben Salem) Direction des Sols Tunis n°293 bis 23 p. + 4 cartes ht + annexes.
- CAMUS, H. (1985) - Etude pluviométrique des bassins versants des O. Zeroud et Merguelil. Direction des ressources en eau Tunis 8I p. ronéo.
- CLERY, J., ASSELINE, J., PONTANIER, R. (1986) - Programme de dépouillement des relevés d'états de surface. Direction des Sols-ORSTOM Tunis 4 p. ronéo, annexes + liste du programme
- ESCADAFAL, R. (1981) - L'étude de la surface du sol dans les régions arides (Sud tunisien). Recherches méthodologiques. Direction des Sols - ORSTOM Tunis ES 187 64. p.
- ESCADAFAL, R., ASSELINE, J. (1985) - Infiltromètre à aspersion. Dépouillement des données de terrain par micro-ordinateur. Programmes pour Casio PB 700. Direction des Sols Tunis 19p. ronéo.
- ESCADAFAL, R., MTIMET, A., ASSELINE, J. (1986) - Etude expérimentale de la dynamique superficielle d'un sol aride (Bir Lahmar Sud tunisien). Direction des Sols Tunis ORSTOM Depart. B UR 212 63 p.

- FLORET, C., PONTANIER, R. (1982) - L'aridité en Tunisie pré-saharienne. Travaux et documents de l'ORSTOM n°150 544 p.
- FLORET, C., PONTANIER, R. (1984) - aridité climatique, aridité édaphique. Bull. Soc. Bot. Fra., 131 Actual. bot. 1984 (2/3/4), 265-275.
- PONTANIER, R., MOUKOURI-KUOM, H., SAYOL, R., SEYNI BOUKAR, L., THEBE, B. (1985) - Apport de l'infiltromètre à aspersion pour l'évaluation des ressources en sols des zones soudano-sahéliennes du Cameroun. Journées Hydro. ORSTOM - Montpellier 17-18 sept. 85. Colloques et séminaires ORSTOM Paris : 165 - 189.
- WISCHMEIER (1959) - A rainfall index for an universal soil - loss equation Agron. Eng. 38, 8 pp. 458-462 et 474

- ANNEXES -

Abréviations utilisées

I : intensité de l'averse (mm/h)

$K_{ru} = L_r/P_u$: coefficient de ruissellement (%)

L_r : lame ou hauteur d'eau ruisselée (mm)

P_i : pluie d'imbibition (mm)

P_u : pluie utile ou hauteur totale (mm)

R_x : ruissellement maximum stabilisé (mm/h)

$W = P_u - L_r$: lame infiltrée (mm)

KE % : coefficient d'efficacité de la pluie dans la recharge
des réserves du sol $KE = \frac{L_i}{P_u} \%$

Légende des courbes : ----- pluie simulée (mm/h)

_____ ruissellement (mm/h)

..... débit solide (g/h)

(a)

LIEU : SAB SALEM
DATE : 260886
NO DE PARCELLE : 1
PENTE : 0.03
OPERATEUR : BAHRI
REFERENCE PLUIE: 1.1
COMMENTAIRES : LAB TRISOC

SABS.1

Rugosite sens colonne (pente) : 0.1662
Rugosite sens ligne : 0.1629
Rugosite ligne + colonne : 0.1645

LIEU : SAB SALEM
DATE : 260886
NO DE PARCELLE : 2
PENTE : 0.03
OPERATEUR : BAHRI
REFERENCE PLUIE: 1.1
COMMENTAIRES : LAB.DISQ PER.PENTE

SABS.2

Rugosite sens colonne (pente) : 0.0375
Rugosite sens ligne : 0.0543
Rugosite ligne + colonne : 0.0460

(6)

LIEU : SAB SALEM
DATE : 260886
NO DE PARCELLE : 3
PENTE : 0.025
OPERATEUR : BAHRI
REFERENCE PLUIE: 1.1
COMMENTAIRES : NON LABOURE BATTANT

SABS3

Rugosite sens colonne (pente) : 0.0215
Rugosite sens ligne : 0.0271
Rugosite ligne + colonne : 0.0243

LIEU : SAB SALEM
DATE : 260886
NO DE PARCELLE : 4
PENTE : 0.025
OPERATEUR : BECIM
REFERENCE PLUIE: 1.1
COMMENTAIRES : LAB.DISQ.SENS DE LA PEN
TE

SABS4

Rugosite sens colonne (pente) : 0.0510
Rugosite sens ligne : 0.0547
Rugosite ligne + colonne : 0.0528

*** INFILTROMETRE ***
 * ESSAI No SABS 1.1

Date : 260886
 Heure(h.mn) : 9.07
 t d.rt(mn.s) : 16
 ht d.rt (mm) : 2
 Vol.ech (ml) : 0
 Nbre sequen. : 3
 Nbre prelevt : 0
 t fin rt(mn) : 46

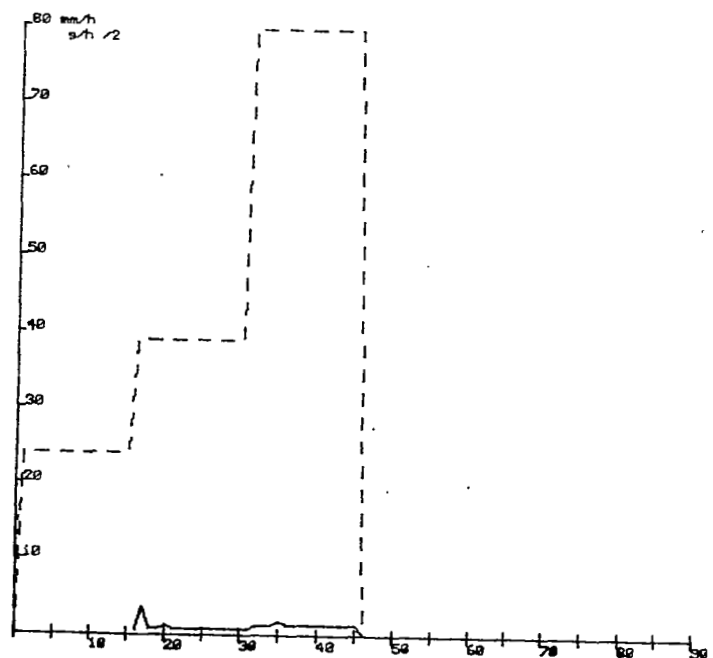
No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	15.0	24.0	6.0
2	15.0	39.0	9.8
3	15.0	79.8	20.0

TEMPS (mn)	HAUTEUR (lue sur limnisramme) (mm)
16	2.0
17	2.6
18	2.7
19	2.8
20	3.0
21	3.1
22	3.2
23	3.3
24	3.4
25	3.5
26	3.6
27	3.7
28	3.8
29	3.9
30	4.0
31	4.1
32	4.3
33	4.5
34	4.7
35	5.0
36	5.2
37	5.4
38	5.6
39	5.8
40	6.0
41	6.2
42	6.4
43	6.6
44	6.8
45	7.0
46	7.1

(d)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 1.1

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
16	0.0	0.0
17	3.6	0.0
18	0.6	0.0
19	0.6	0.0
20	1.2	0.0
21	0.6	0.0
22	0.6	0.0
23	0.6	0.0
24	0.6	0.0
25	0.6	0.0
26	0.6	0.0
27	0.6	0.0
28	0.6	0.0
29	0.6	0.0
30	0.6	0.0
31	0.6	0.0
32	1.2	0.0
33	1.2	0.0
34	1.2	0.0
35	1.8	0.0
36	1.2	0.0
37	1.2	0.0
38	1.2	0.0
39	1.2	0.0
40	1.2	0.0
41	1.2	0.0
42	1.2	0.0
43	1.2	0.0
44	1.2	0.0
45	1.2	0.0
46	0.6	0.0
47	0.0	0.0



SABS 1.1

260886

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS. (mm)	No SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1	15.0	24.0	6.0	0.0	1	6.0	0.0	0.0	6.0	0.0
2	15.0	39.0	9.8	0.2	2	0.7	9.1	2.1*	9.6	0.0
3	15.0	79.8	20.0	0.3	3	0.0	20.0	1.5	19.7	0.0
TOT.	45.0	47.6	35.7	0.5	TOT.	6.7	29.1	1.4	35.2	0.0

* ruissellement parasite

(e)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 1.2

Date : 270886
Heure(h.mn) : 7.38
t d.rt(mn.s) : 25
ht d.rt (mm) : 1.1
Vol.ech (ml) : 0
Nbre sequen. : 2
Nbre prelevt : 0
t fin rt.(mn) : 35

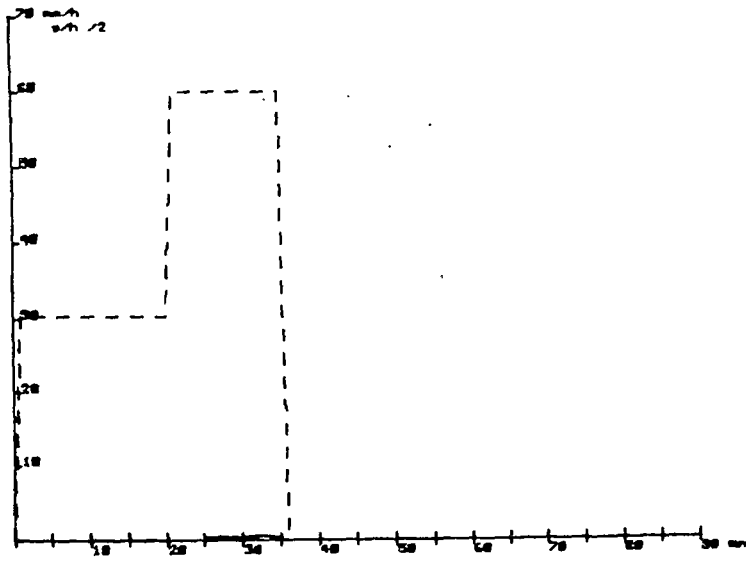
No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	20.0	30.5	10.2
2	15.0	60.0	15.0

(8)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 1.2

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
25	0.0	0.0
26	0.3	0.0
27	0.3	0.0
28	0.3	0.0
29	0.3	0.0
30	0.3	0.0
31	0.3	0.0
32	0.6	0.0
33	0.6	0.0
34	0.6	0.0
35	0.6	0.0
36	0.0	0.0

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS (mm)	No SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1	20.0	30.5	10.2	0.0	1	10.2	0.0	0.0	10.2	0.0
2	15.0	60.0	15.0	0.1	2	5.0	10.0	0.5	14.9	0.0
TOT.	35.0	45.3	25.2	0.1	TOT.	15.2	10.0	0.3	25.1	0.0



SABS 1.2

270886

(9)

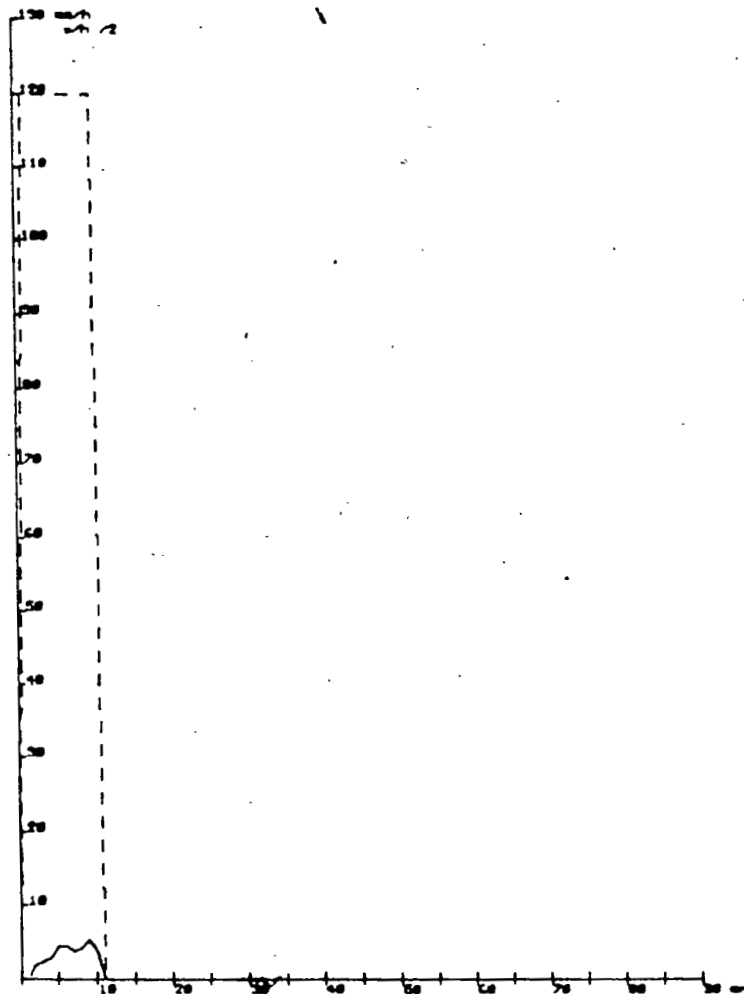
*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 1.3

Date : 270886
Heure(h.mn) : 8.28
t d.rt(mn.s) : 1
ht d.rt (mm) : 2
Vol.ech (ml) : 0
Nbre sequen. : 1
Nbre prelev : 0
t fin rt(mn) : 11

No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	10.0	120.0	20.0

TEMPS (mn)	HAUTEUR (lue sur limnigramme) (mm)
1	2.0
2	2.4
3	2.9
4	3.2
5	4.0
6	5.0
7	5.5
8	6.1
9	7.0
10	8.0
11	8.1

(h)



SABS 1.3

270886

No	SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS (mm)	No	SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1		10.0	120.0	20.0	0.6	1		2.0	18.0	3.0	19.4	0.0

(1)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 2.1

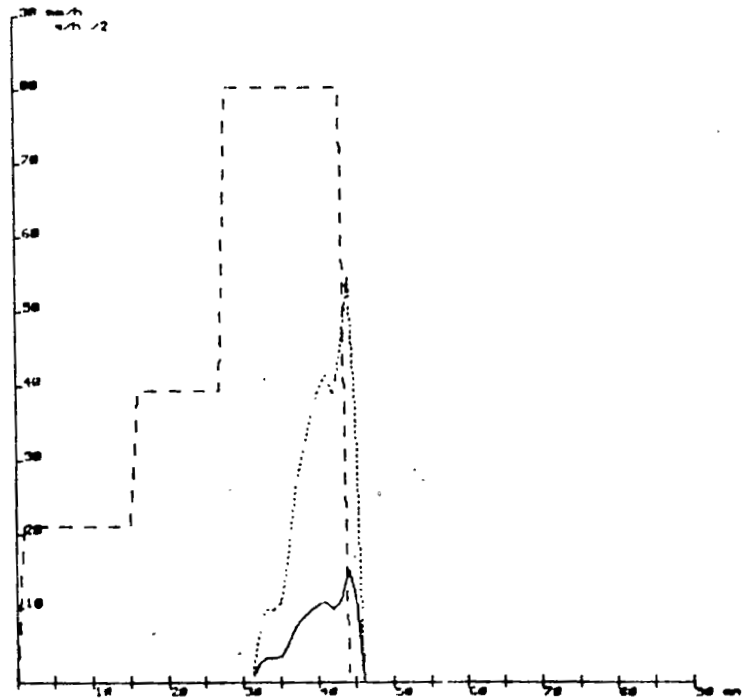
Date : \ 260886
Heure(h.mn) : 10.4
t d.rt(mn.s) : 31
nt d.rt (mm) : 8.5
Vol.ech (ml) : 250
Nbre sequen. : 3
Nbre prelev. : 1
t fin rt(mn) : 46

No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	15.0	21.0	5.3
2	12.5	39.5	8.2
3	16.2	60.5	21.7

(j)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 2.1

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
31	0.0	0.0
32	1.8	10.9
33	4.2	26.2
34	3.0	19.3
35	3.0	19.9
36	3.6	24.6
37	8.4	59.0
38	9.0	65.0
39	9.6	71.2
40	10.8	82.2
41	10.8	84.4
42	10.8	86.5
43	7.8	64.0
44	15.6	131.0
45	19.2	197.5
46	1.2	3.4
47	0.0	0.0



SABS 2.1

260886

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISSNo (mm)	SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1	15.0	21.0	5.3	0.0	1	5.3	0.0	0.0	5.3	0.0
2	12.5	39.5	8.2	0.0	2	8.2	0.0	0.0	8.2	0.0
3	16.2	80.5	21.7	1.4	3	4.8	16.9	6.4	20.3	10.2
TOT.	43.6	47.0	35.1	1.4	TOT.	18.2	16.9	3.9	33.7	10.2

(2)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 2.2

Date : 270886
Heure(h.mn) : 9.12
t d.rt(mn.s) : 16
ht d.rt (mm) : 7.8
Vol.ech (ml) : 250
Nbre sequen. : 2
Nbre prelevt : 3
t fin rt(mn) : 36

No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	20.0	30.0	10.0
2	15.0	59.0	14.8

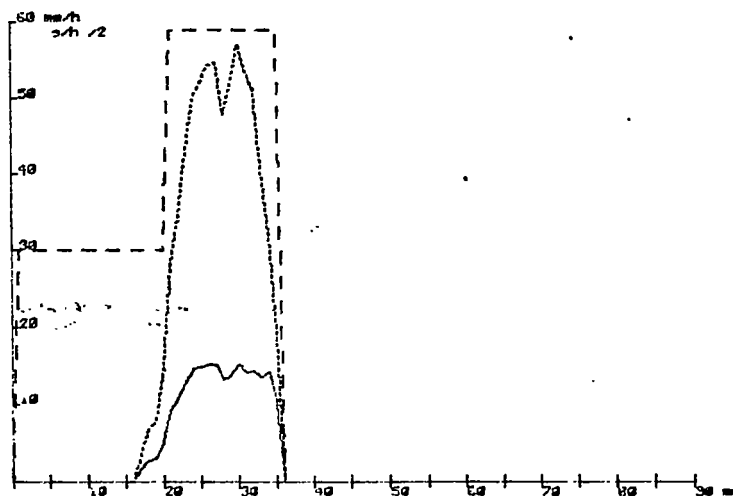
TEMPS (mn)	HAUTEUR (lue sur limnigramme) (mm)
16	7.8
17	8.0
18	8.5
19	9.1
20	9.5
21	11.2
22	13.3
23	15.1
24	-15.5
25	17.8
26	20.5
27	23.0
28	-23.0
29	24.5
30	27.8
31	29.8
32	-29.8
33	32.1
34	34.2
35	37.0
36	37.4

No ECH.	TEMPS (mn)	DUREE (s)	VOLUME (cm3)	CHARGE (mg/l)
1	23	65	250	6869
2	27	69	250	7342
3	31	60	250	7628

(2)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 2.2

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
16	0.0	0.0
17	1.2	5.7
18	3.0	15.2
19	3.6	19.4
20	2.4	13.6
21	10.2	60.9
22	12.6	79.0
23	10.8	71.0
24	17.4	119.5
25	13.8	96.4
26	16.2	115.1
27	15.0	108.4
28	15.0	110.1
29	9.0	66.7
30	19.8	148.2
31	12.0	90.7
32	15.0	114.4
33	13.8	84.2
34	12.6	57.7
35	16.8	51.3
36	2.4	3.7
37	0.0	0.0



SABS 2.2

270886

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS. (mm)	No SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/b)	W (mm)	EROS (g)
1	20.0	30.0	10.0	0.2	1	8.0	2.0	1.7	9.8	0.9
2	15.0	59.0	14.8	3.5	2	0.0	14.8	23.7	11.3	22.9
TOT.	35.0	44.5	24.8	3.7	TOT.	8.0	16.8	14.8	21.1	23.8

(M)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 2.3

Date : 0
Heure(h.mn) : 10.02
t d.ri(mn.s) : 0.3
ht d.ri (mm) : 38
Vol.ech (ml) : 245
Nbre sequen. : 1
Nbre prelev. : 3
t fin ri(mn) : 11

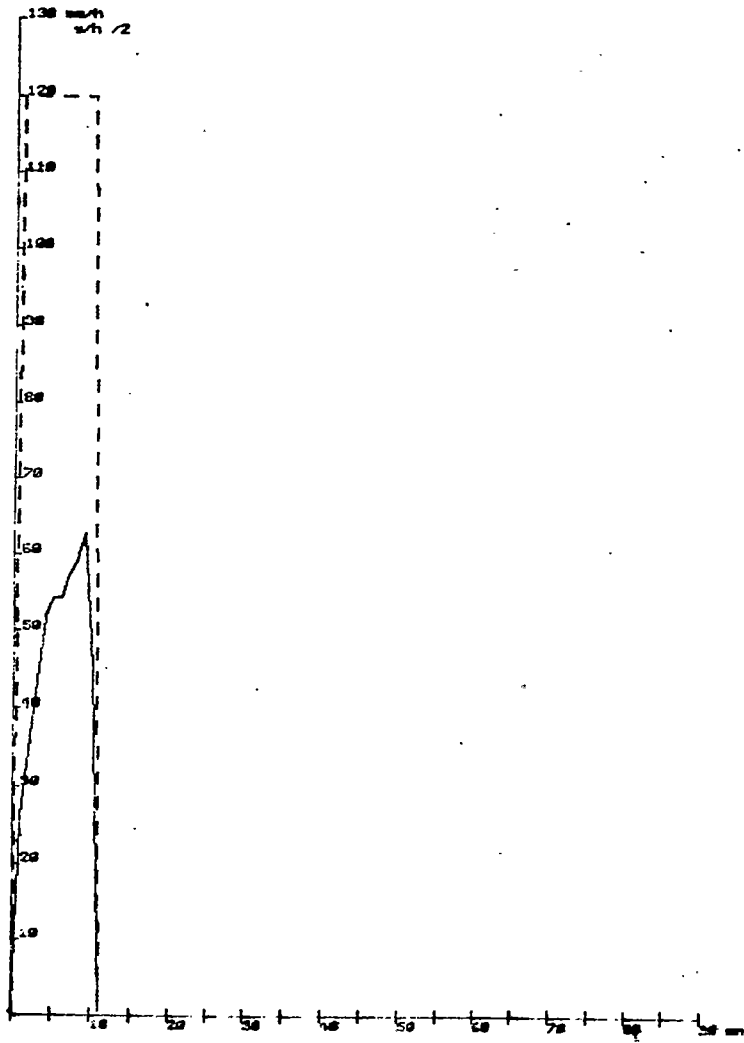
No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	10.0	120.0	20.0

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 2.3

EMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
0	0.0	0.0
1	42.0	0.0
2	36.0	322.9
3	42.0	753.5
4	54.6	1025.7
5	58.2	1142.4
6	53.1	1087.1
7	55.8	1194.1
8	63.0	1406.5
9	57.9	1346.2
10	71.4	1106.7
11	25.2	195.3
12	0.0	0.0

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS. (mm)	No SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1	10.0	120.0	20.0	8.9	1	1.0	19.0	44.5	11.1	156.4

(m)



SABS 2.3

0

(0)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 3.1

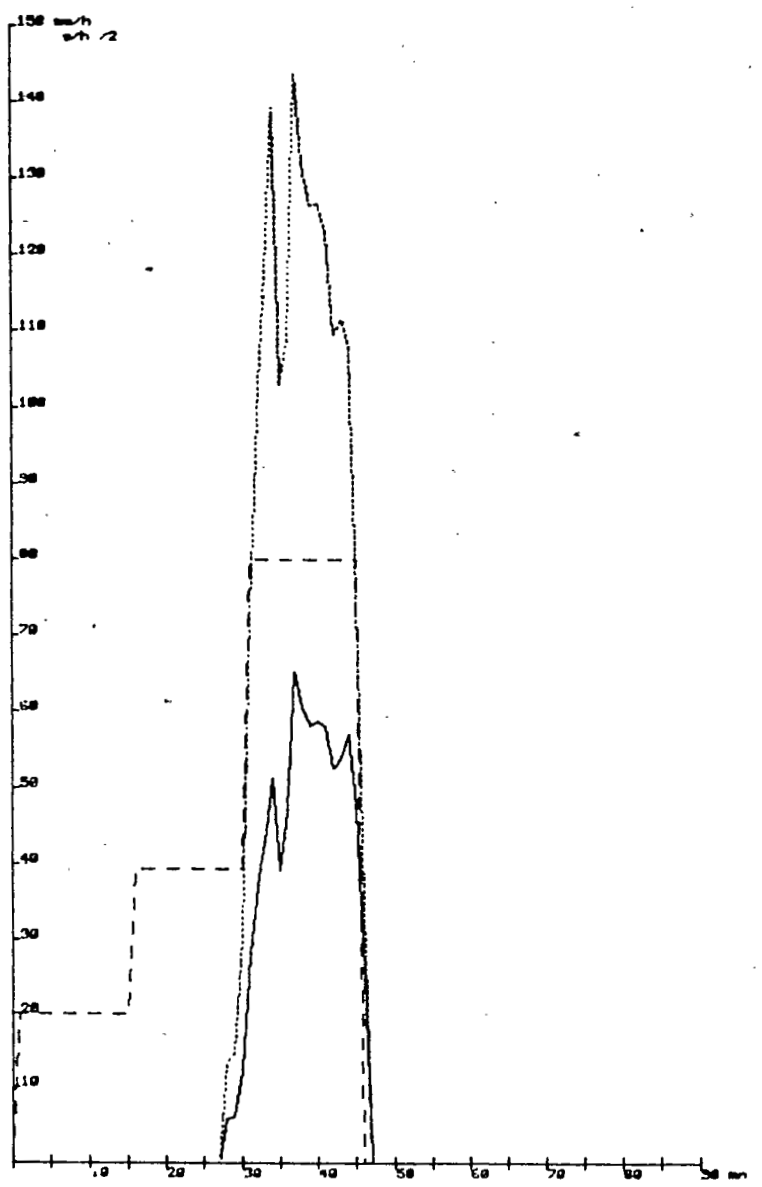
Date : 260886
Heure(h.mn) : 12.15
t d.rt(mn.s) : 27
ht d.rt (mm) : 11.1
Vol.ech (ml) : 255
Nbre sequen. : 3
Nbre prelevt : 5
t fin rt(mn) : 47

No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	15.0	20.0	5.0
2	15.0	39.5	9.9
3	15.0	80.0	20.0

(P)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 3.1

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
27	0.0	0.0
28	9.6	44.0
29	7.8	37.1
30	4.8	23.6
31	25.8	131.4
32	47.4	249.5
33	36.6	198.9
34	55.5	311.0
35	55.8	288.8
36	10.2	48.4
37	92.7	400.5
38	56.4	244.4
39	59.4	258.2
40	54.3	236.7
41	63.6	269.9
42	51.3	211.7
43	48.6	199.7
44	60.9	249.3
45	56.4	173.2
46	28.8	59.0
47	0.0	0.0
48	0.0	0.0



SABS 3.1

260886

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS (mm)	No SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1	15.0	20.0	5.0	0.0	1	5.0	0.0	0.0	5.0	0.0
2	15.0	39.5	9.9	0.4	2	7.9	2.0	3.7	9.5	1.7
3	15.0	80.0	20.0	12.9	3	0.0	20.0	64.6	7.1	57.9
TOT.	45.0	46.5	34.9	13.3	TOT.	12.9	22.0	38.1	21.6	59.6

(9)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 3.2

Date : 270886
Heure(h.mn) : 10.52
t d.rt(mn.s) : 7
ht d.rt (mm) : 15.2
Vol.ech (ml) : 250
Nbre sequen. : 2
Nbre prelev : 2
t fin rt(mn) : 36

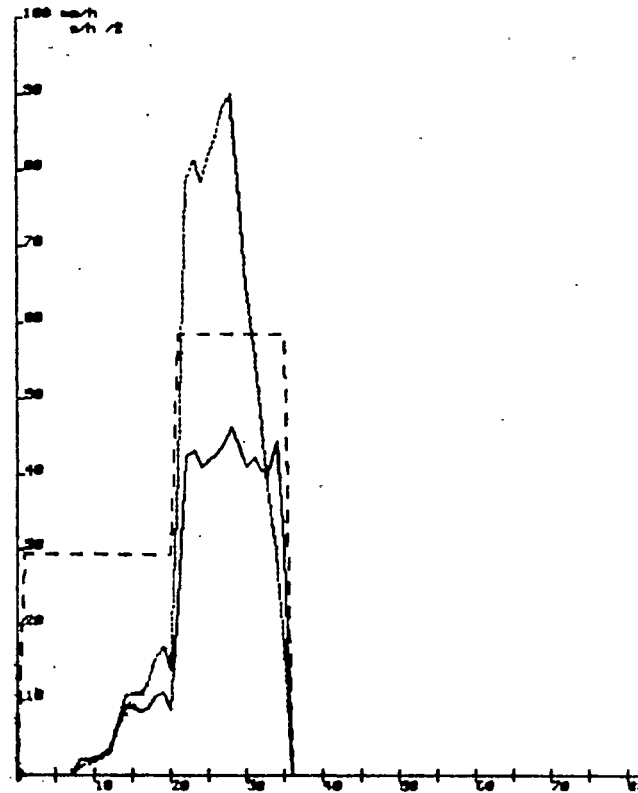
No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)	to ECH.	TEMPS (mn)	DUREE (s)	VOLUME (cm3)	CHARGE (mg/l)
1	20.0	29.5	9.8	1	22	21	250	3789
2	15.0	58.6	14.7	2	27	19	255	4049

TEMPS (mn)	HAUTEUR (lue sur limnigramme) (mm)
7	15.2
8	15.8
9	16.2
10	16.5
11	17.0
12	17.5
13	18.2
14	20.1
15	21.8
16	23.1
17	24.5
18	26.2
19	28.3
20	30.0
21	30.8
22	40.1
23	-45.8
24	52.1
25	59.1
26	66.3
27	73.5
28	-78.8
29	86.8
30	93.0
31	100.0
32	107.3
33	113.2
34	121.0
35	128.6
36	133.0

(2)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 3.2

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
7	0.0	0.0
8	3.6	4.3
9	2.4	3.3
10	1.8	2.8
11	3.0	5.2
12	3.0	5.7
13	4.2	8.7
14	11.4	25.5
15	10.2	24.6
16	7.8	20.2
17	8.4	23.1
18	10.2	29.9
19	12.6	39.1
20	10.2	33.4
21	4.8	16.5
22	55.8	201.8
23	49.2	186.4
24	37.8	145.2
25	42.0	163.5
26	43.2	170.4
27	43.2	172.7
28	47.1	190.7
29	48.0	172.8
30	37.2	117.2
31	42.0	113.4
32	43.8	98.5
33	35.4	63.7
34	46.8	63.2
35	45.6	41.0
36	26.4	11.9
37	0.0	0.0



SABS 3.2

270886

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS (mm)	No SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1	20.0	29.5	9.8	1.5	1	3.4	6.4	15.1	8.4	3.8
2	15.0	58.6	14.7	10.4	2	0.0	14.7	70.8	4.3	31.9
TOT.	35.0	44.1	24.5	11.8	TOT.	3.4	21.0	48.4	12.6	35.7

(A)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 3.3

Date : 270886
Heure(h.mn) : 11.42
t d.rt(mn.s) : 0.3
ht d.rt (mm) : 11.4
Vol.ech (ml) : 250
Nbre sequen. : 1
Nbre prelev : 4
t fin rt(mn) : 12

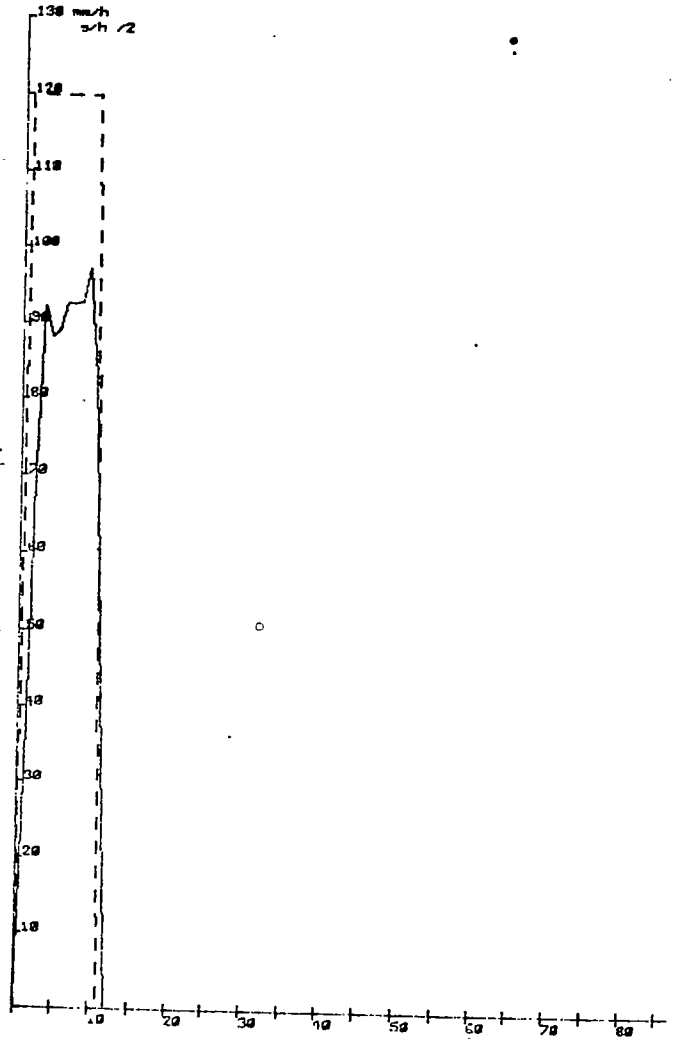
No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)	No ECH.	TEMPS (mn)	DUREE (s)	VOLUME (cm3)	CHARGE (mg/l)
1	10.0	120.0	20.0	1	2	10	250	5720
				2	4	10	245	5866
				3	6	9	250	7880
				4	8	9	245	7437
TEMPS (mn)	HAUTEUR (mm)	(lue sur limnigramme)						

0	11.4
1	13.5
2	25.0
3	-41.3
4	56.8
5	-67.5
6	84.2
7	-96.5
8	112.5
9	-125.0
10	143.2
11	150.0
12	151.0

(t)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 3.3

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
0	0.0	0.0
1	25.2	0.0
2	69.0	197.3
3	112.8	645.2
4	93.0	538.7
5	78.9	462.8
6	100.2	688.7
7	88.8	699.7
8	96.0	735.2
9	89.7	667.1
10	109.2	609.1
11	40.8	151.7
12	6.0	11.2
13	0.0	0.0



SABS 3.3

270886

No SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS. (mm)	No SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W. (mm)	ERO (g)
1	10.0	120.0	20.0	14.4	1	1.0	19.0	71.9	5.6	87.

(u)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 4.1

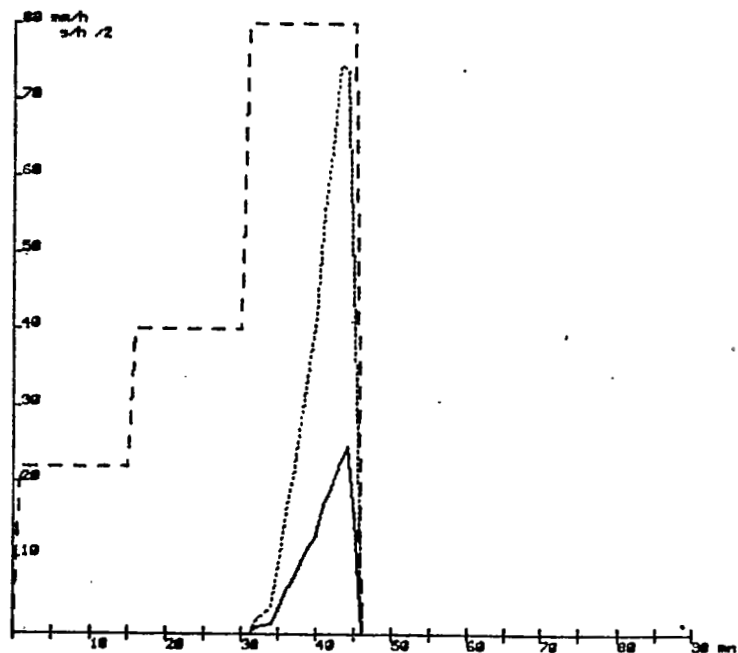
Date : 260886
Heure(h.mn) : 14
t d.rt(mn.s) : 31
ht d.rt (mm) : 13.3
Vol.ech (ml) : 250
Nbre sequen. : 3
Nbre prelevt : 2
t fin rt(mn) : 46

No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	15.0	22.0	5.5
2	15.0	40.0	10.0
3	15.0	80.0	20.0

(V)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 4.1

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
31	0.0	0.0
32	1.2	6.0
33	1.2	6.2
34	1.2	6.4
35	1.8	9.9
36	6.6	37.4
37	7.2	41.9
38	8.4	50.3
39	12.6	77.4
40	12.6	79.5
41	15.3	99.0
42	23.4	151.9
43	18.0	117.2
44	31.2	203.8
45	20.4	88.8
46	5.4	11.8
47	0.0	0.0



SABS 4.1

260886

SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISNo (mm)	SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
1	15.0	22.0	5.5	0.0	1	5.5	0.0	0.0	5.5	0.0
2	15.0	40.0	10.0	0.0	2	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0
3	15.0	80.0	20.0	2.7	3	1.3	18.7	13.4	17.3	16.3
T.	45.0	47.3	35.5	2.7	TOT.	16.8	18.7	7.6	32.8	16.3

(w)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 4.2

Date : 270886
Heure(h.mn) : 12.27
t d.rt(mn.s) : 13.3
ht d.rt (mm) : 28.2
Vol.ech (ml) : 255
Nbre sequen. : 2
Nbre prelevt : 3
t fin rt(mn) : 36.2

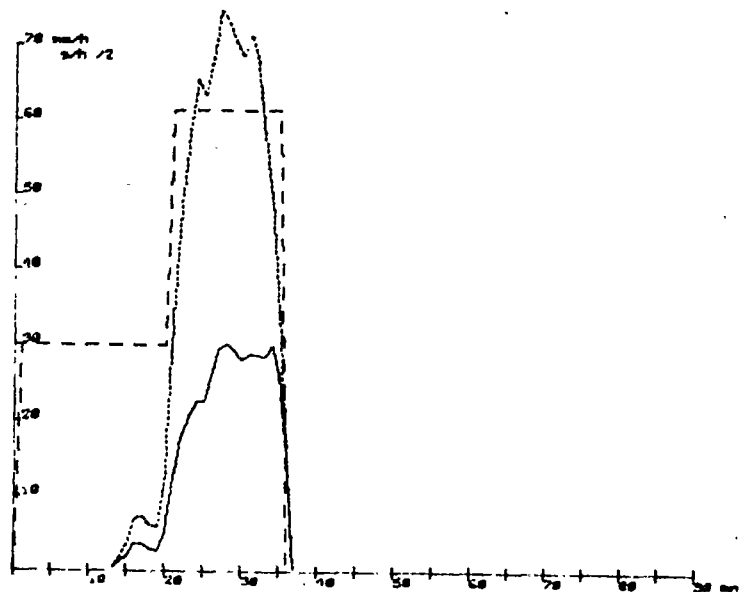
No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)	No ECH.	TEMPS (mn)	DUREE (s)	VOLUME (cm3)	CHARGE (mg/l)
1	20.0	30.0	10.0	1	23	35	255	5873
2	15.0	61.4	15.4	2	27	31	255	4732
				3	31	31	260	4984

TEMPS (mn)	HAUTEUR (lue sur limnigramme) (mm)
13	28.2
14	28.4
15	28.5
16	29.2
17	30.0
18	30.4
19	30.8
20	31.2
21	33.0
22	36.7
23	39.8
24	-41.5
25	45.3
26	49.1
27	54.5
28	-57.2
29	62.1
30	66.8
31	71.3
32	-74.0
33	78.2
34	83.5
35	88.5
36	91.5
37	0.0

(20)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 4.2

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
13	0.0	0.0
14	2.4	8.0
15	0.6	2.1
16	4.2	16.1
17	4.8	19.6
18	2.4	10.4
19	2.4	11.0
20	2.4	11.6
21	10.8	55.2
22	22.2	119.0
23	18.6	104.5
24	25.5	149.8
25	22.8	127.4
26	22.8	120.9
27	32.4	162.6
28	31.5	149.1
29	29.4	141.0
30	28.2	137.0
31	27.0	132.9
32	31.8	158.5
33	25.2	104.7
34	31.8	105.7
35	30.0	74.8
36	18.0	29.9
37	0.0	0.0
38	0.0	0.0



SABS 4.2

270886

No	SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISS (mm)	No	SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	ERQS (g)
1		20.0	30.0	10.0	0.3	1		6.8	3.3	3.2	9.7	1.3
2		15.0	61.4	15.4	6.5	2		0.0	15.4	42.3	8.9	30.7
TOT.		35.0	45.7	25.4	6.8	TOT.		6.8	18.6	26.9	18.5	32.0

(4)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 4.3

Date : 270886
Heure(h.mn) : 13.17
t d.rt(mn.s) : 1
ht d.rt (mm) : 19
Vol.ech (ml) : 250
Nbre sequen. : 1
Nbre prelevt : 3
t fin rt(mn) : 11.15

No SEQ	DUREE (mn)	INTENSITE (mm/h)	HAUTEUR (mm)
1	10.0	120.0	20.0

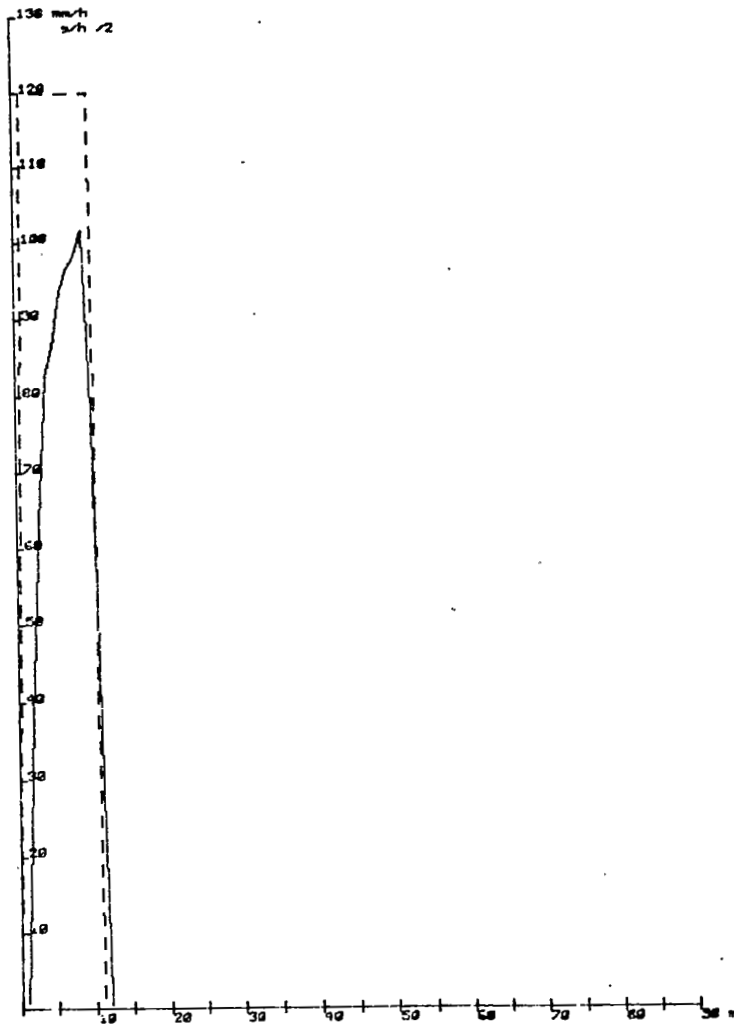
No ECH.	TEMPS (mn)	DUREE (s)	VOLUME (cm3)	CHARGE (mg/l)
1	3	11	250	22380
2	6	9	235	23170
3	8	9	250	22901

TEMPS (mn)	HAUTEUR (lue sur limnigramme) (mm)
1	19.0
2	28.5
3	38.0
4	-51.5
5	66.3
6	81.0
7	-96.5
8	111.5
9	-127.2
10	143.5
11	148.9
12	0.0

(31)

*** INFILTROMETRE ***
ESSAI No SABS 4.3

TEMPS (mn)	RUISSLT (mm/h)	DEBIT SOL. (g/h)
1	0.0	0.0
2	57.0	425.2
3	57.0	850.4
4	96.0	2148.5
5	88.8	2010.7
6	88.2	2020.4
7	107.1	2481.5
8	90.0	2073.2
9	109.2	2500.8
10	97.8	1679.8
11	32.4	371.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0



SABS 4.3

270886

No	SEQ	DUREE (mn)	INTENS. (mm/h)	HAUTEUR (mm)	LRUISSNo	SEQ	PI (mm)	PE (mm)	Kru (o/o)	W (mm)	EROS (g)
i		10.0	120.0	20.0	13.2	i	2.0	18.0	65.9	6.8	269.8