

L'AGRONOMIE TROPICALE

Extrait du Vol. XXV, n° 12
DÉCEMBRE 1970

DEUX MÉTHODES DE MESURE DU DRAINAGE VERTICAL DANS UN SOL EN PLACE

E.J. ROOSE

Chargé de Recherche en Pédologie (ORSTOM)

P. HENRY DES TUREAUX

Technicien en Pédologie (ORSTOM)

DEUX MÉTHODES DE MESURE DU DRAINAGE VERTICAL DANS UN SOL EN PLACE

E.J. ROOSE

Chargé de Recherche en Pédologie (ORSTOM)

P. HENRY DES TUREAUX

Technicien en Pédologie (ORSTOM)

INTRODUCTION

La mesure du drainage vertical, *in situ*, peut être très précieuse tant pour des études théoriques approfondies (pédogenèse actuelle) que pour des recherches pratiques (bilan hydrique, lixiviation des éléments fertilisants).

Jusqu'ici, la méthode généralement utilisée pour mesurer le drainage vertical est celle des lysimètres classiques : ceux-ci consistent en une cuve drainante à l'intérieur de laquelle on a reconstitué soigneusement le type de sol à étudier.

Cependant, de nombreux auteurs (FEODOROFF, 1965 ; POURRUT, 1968 ; AUDRY, 1967 ; ROOSE et GODEFROY, 1967) ont constaté qu'il existe deux types d'infiltration simultanée dans les sols durant une pluie : une infiltration rapide par les macropores (eau libre) et une infiltration beaucoup plus lente par les micropores de l'eau liée (sous tension) qui est redistribuée à l'intérieur des agrégats.

En d'autres termes, la dynamique de l'eau à basse tension est étroitement liée à la macrostructure (Mc INTYRE, LODEVAY, 1968 ; SHARMA, UEHARA, 1968) tandis que sa capacité de rétention est fonction, principalement, de la microporosité.

Donc, si on détruit l'organisation verticale de la macroporosité en reconstituant le sol dans la cuve lysimétrique, la circulation rapide des eaux s'en trouve ralentie (circulation par les microporosités) et les échanges colloïdaux et cationiques bouleversés (eaux troubles et plus riches en cations)*.

On peut évidemment espérer qu'un sol, soigneusement reconstitué, va reformer sa structure mais personne n'a démontré qu'elle est en tout point semblable à celle du sol voisin en place ni mesuré combien de temps nécessite cette restructuration verticale.

Certains auteurs russes et américains (HARROLD, DREIBELBIS, Mc GUINNESS, BRAKENSIEK, AMERMAN, etc.), bénéficiant de moyens techniques et financiers exceptionnels, ont pu isoler des blocs de terre de 5 m³ à 20 m³ et y mesurer la dynamique de l'eau dans des conditions naturelles : malgré ces moyens exceptionnels, ils ont eu l'occasion de constater les limites de la méthode.

Nous décrirons ici deux méthodes faciles à réaliser et peu onéreuses, permettant les nombreuses répétitions nécessitées par l'hétérogénéité des sols. Ces méthodes ont été testées au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, sur sols sablo-argileux profonds, par des irrigations contrôlées successives.

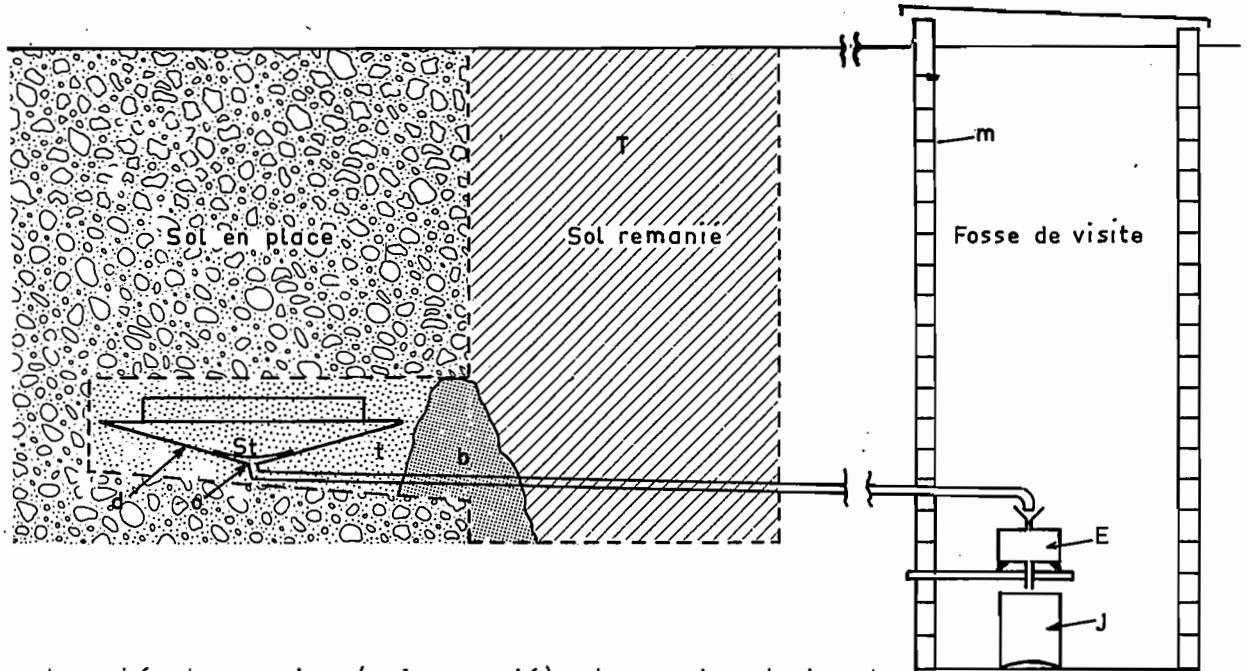
* CHARREAU et JACQUINOT (1967) ont montré que, dans des conditions de lysimètre dont le sol est reconstitué, les eaux de drainage jouent un « effet piston » sur les solutions du sol et les cations stockés préalablement.

FEODOROFF et YARON (1967) ont trouvé des résultats semblables en laboratoire (expériences sur tubes remplis de terre saturée). D'autres auteurs ont prouvé à l'aide de l'iode radioactif qu'il n'en était pas ainsi dans les sols en place.

I) METHODE DES CASIERS DRAINANTS

A) PRINCIPE

Sauf cas particuliers, l'eau s'infiltré dans un sol suivant un front qui se déplace verticalement à l'intérieur de celui-ci : il suffit donc de placer un drain quelconque pour intercepter l'eau libre qui s'écoule verticalement et d'évacuer cette eau avec une vitesse semblable à celle de l'infiltration à ce niveau afin de ne créer ni appel ni refoulement du flux drainant.



T = tranchée temporaire (sol remanié); d = casier drainant;
 St = sable lavé, tassé et toile en nylon protégeant l'orifice de drainage Ø;
 b = bourrelet d'argile refermant le tunnel t; E = enregistreur à godet basculant;
 J = jerrycan 60 litres; m = mur de souènement en parpaings.

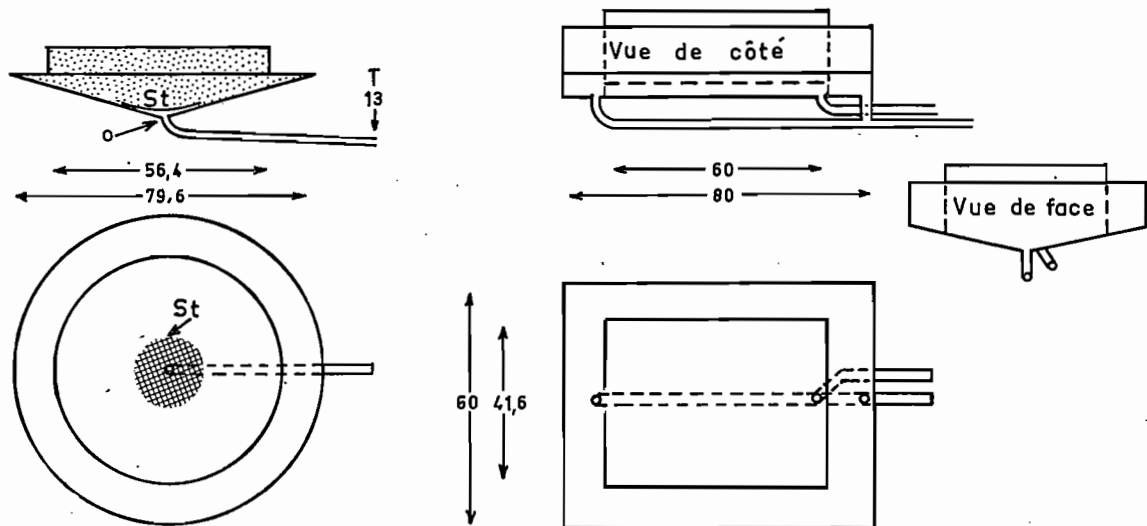


Fig. 1. — Schéma de casiers drainants.

B) REALISATION *

Sur une face d'une tranchée et à profondeur désirée, on creuse un tunnel ** à l'intérieur duquel on pose le casier drainant : celui-ci se compose essentiellement d'un tiroir d'un quart de mètre carré, à fond en pente, percé, au point le plus bas, d'un orifice de drainage recouvert d'un morceau de toile de nylon. Un tuyau en plastique dirige les eaux recueillies de l'orifice de drainage vers une fosse de visite où elles peuvent être enregistrées et mesurées. Le casier drainant et le tunnel sont soigneusement bourrés de sable grossier lavé et tassé au pilon et au jet d'eau, puis la tranchée est comblée.

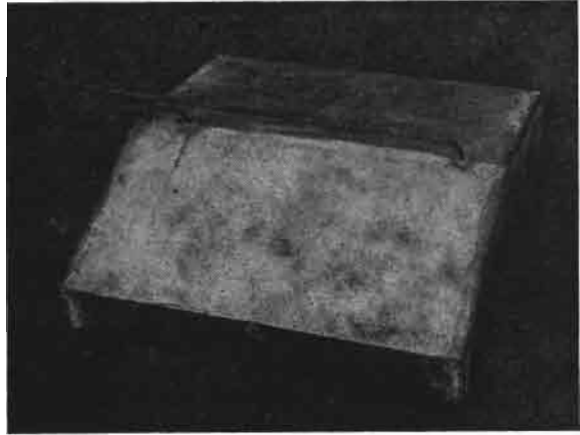
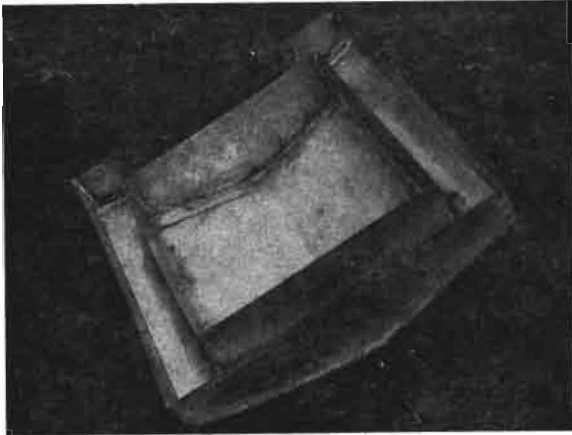


Fig. 2 et 3. — Casier drainant rectangulaire double.

Cliché : HUTTEL

C) VARIANTES ET DISCUSSION

Par une série d'irrigations contrôlées d'une centaine de millimètres d'eau par jour, pendant trois semaines, nous avons testé des casiers drainants de forme rectangulaire ou ronde (moins d'effet de bordure) à un, deux ou trois casiers concentriques (évaluation d'un éventuel gradient horizontal du flux) dont les surfaces drainantes sont à pente faible (10 %) ou forte (20-30 %) (influence sur la vitesse du drainage), à bordure latérale courte ou élevée.

Il en résulte que les rendements obtenus (rapport $\frac{\text{eau drainée}}{\text{eau apportée}}$, le sol étant au-delà de la

capacité de rétention) varient entre 10 % et 120 %, avec une nette majorité de moins de 50 % et une très grande variation d'une répétition à l'autre. Les rendements les plus élevés (50 % à 80 %) ont généralement été obtenus dans le casier central des drains à trois casiers concentriques (rectangulaires ou ronds) à forte pente du plancher.

Le fait que le drainage recueilli soit inférieur à l'irrigation est étonnant, à première vue, puisque la vitesse d'évacuation du drain est certainement supérieure à la perméabilité du sol au même niveau : il semble donc qu'il se passe des phénomènes (lissage et ménisques) liés aux plans de discontinuité sol-sable - tôle du drain, malgré le fort tassement du sable. Sur le plan quantitatif, cette méthode est donc trop incertaine.

Par contre, elle peut donner de bons résultats pour l'étude qualitative des eaux de drainage aux différents horizons (JORDAN, 1968) : les eaux sont aussi claires que celles obtenues par la méthode des monolithes et nous avons pu suivre ainsi la lixiviation d'un engrais potassique par les eaux de drainage. Cependant, les concentrations peuvent être légèrement modifiées puisque l'eau recueillie ne représente pas la totalité de l'eau de drainage vertical réel.

L'avantage de la méthode réside dans la faible perturbation du terrain (trois côtés du drain sont parfaitement en place) et du système racinaire (important surtout sous forêt). Les inconvénients majeurs sont l'origine mal définie des eaux recueillies et la variabilité des résultats quantitatifs.

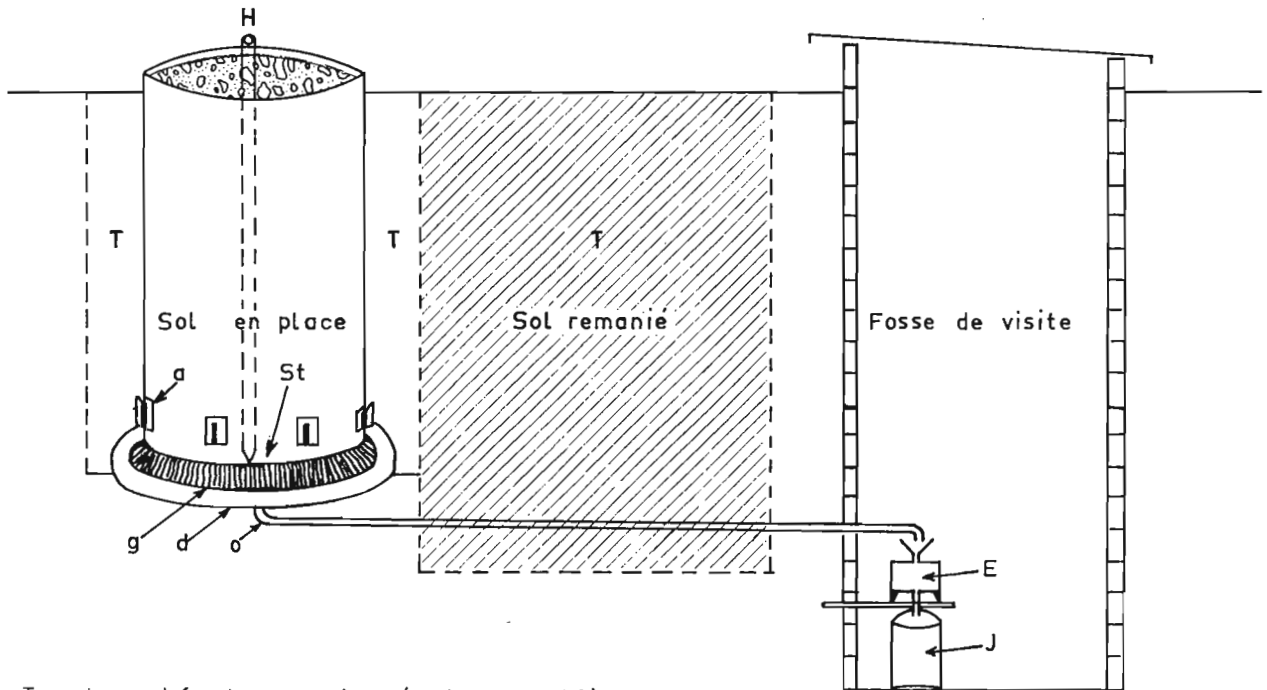
* M. HUTTEL, écologiste de l'ORSTOM, a été le premier à tenter d'utiliser cette méthode au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, dans le cadre d'un bilan hydrique et chimique sous forêt.

** Le toit du tunnel doit être horizontal.

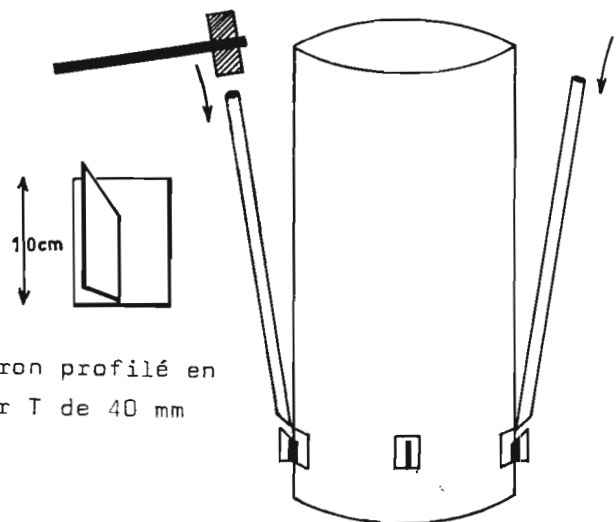
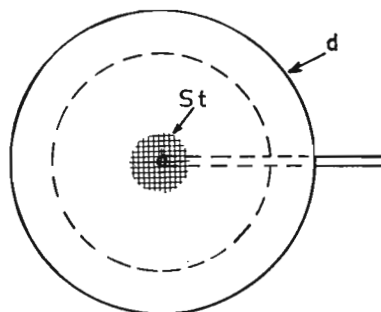
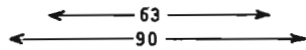
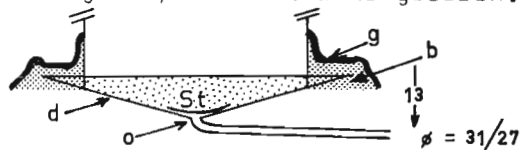
II) METHODE DES CASES DE DRAINAGE SUR MONOLITHE

A) PRINCIPE

Puisque la répartition de la macroporosité à l'intérieur des sols est très hétérogène, il faut augmenter la hauteur des bordures latérales du drain jusqu'à emballer entièrement un monolithe de sol en place. Il s'agit, en quelque sorte, de réaliser en grand et sur le terrain des monolithes de sol semblables à ceux réalisés pour la méthode VERCIÈRE.



T = tranchée temporaire (sol remanié); g = joint de goudron;
 d = drain en entonnoir; St = sable et toile en nylon protégeant l'orifice de drainage \emptyset ; E = enregistreur à godets; J = jerrycan 60 litres; H = tube d'accès pour sonde à neutrons et à rayons gamma; a = aileron; b = bourrelet en argile pour couler le goudron.



aileron profilé en
fer T de 40 mm

Fig. 4. — Schéma d'un lysimètre monolithique cylindrique.



Fig. 5 et 6 — Mise en place d'une case de drainage sur monolithe.

Cliché : TALINEAU

B) REALISATION

Sur une face d'une tranchée, et à profondeur désirée, on creuse une fente horizontale capable de contenir un « entonnoir » de 85 cm de diamètre et de 10 cm de profondeur (soit une pente d'environ 25 %) muni en son point bas d'un orifice de drainage protégé par une toile de nylon (mailles de 3 mm à 5 mm). Une fois placé, ce drain conique est bourré de sable grossier lavé, ainsi que la fente. Un tuyau relie l'orifice de drainage à une fosse de visite où l'on peut mesurer et enregistrer les eaux de drainage.

Après avoir soigneusement repéré à la surface du sol le point situé à la verticale du centre du drain conique, on y pose une épaisse plaque de bois circulaire qui servira de guide à un cylindre en tôle galvanisée (2 m × 1 m × 10/10 mm). Pour enfoncer ce cylindre jusqu'au drain, on dégage une couronne de sol autour du futur monolithe sur 10 cm d'épaisseur au maximum ; puis on enfonce, en force, le cylindre en frappant simultanément sur deux des huit ailerons (voir figures) opposés par couples et soudés à 10 cm du bord inférieur du cylindre. On vérifie avec beaucoup de soin (surtout au début des opérations) la verticalité du cylindre à l'aide d'un niveau.

Lorsque le cylindre vient buter contre le drain conique, on contrôle que celui-ci déborde bien d'au moins 5 cm tout autour du cylindre, puis on les rend solidaires par un joint de goudron de route ordinaire (40/80) * coulé à chaud (épaisseur : 3 cm à 5 cm ; largeur : 5 cm à 10 cm).

Si on constate un espace vide entre le cylindre et le monolithe de terre, on peut y couler du goudron bouillant qui assurera un excellent contact tôle/terre.

* Le goudron reste souple et collant sous le climat d'Adiopodoumé : t° variant entre 20° C et 33° C.

On teste ensuite le lysimètre monolithique en irrigant jusqu'à saturation : on contrôle la vitesse d'infiltration du front d'eau, la couleur et la charge colloïdale des premiers écoulements (si l'eau est trouble et jaune ou bien il y a une fente par où les eaux s'écoulent préférentiellement, ou bien le sol a été trop remué), l'étanchéité du système au niveau des soudures (enduites de goudron) et du joint de goudron, et enfin le rendement de la case de drainage. On rebouche alors la couronne autour du monolithe ainsi que la tranchée.

C) VARIANTE ET DISCUSSION

Le lysimètre cylindrique a une surface de 0,310 m² et un diamètre de 63 cm déterminé par la dimension des tôles du commerce (et des soudures) : il permet l'usage d'un humidimètre à neutrons.

Des essais préliminaires ont montré qu'on ne peut envisager d'utiliser des diamètres plus petits (45 cm et 30 cm) sans risque d'éboulement de la colonne monolithique et donc d'un certain remaniement. De même, il est malaisé de mettre en place des cylindres de plus grande taille à cause de la difficulté de creuser des fentes de taille suffisante pour loger le drain : d'ailleurs le prix de revient augmenterait considérablement (soudure des tôles du commerce).

Sur sol sablo-argileux et en saison sèche, on a installé des lysimètres monolithiques à des profondeurs comprises entre 30 cm et 150 cm, mais nous croyons qu'on pourrait atteindre 2 m et 2,5 m dans des sols plus argileux, donc plus cohérents.

Dans un premier stade, nous pensons pouvoir laisser libre la partie du sol soumise aux travaux culturaux (les 20 cm à 30 cm supérieurs), quitte à poser sur le sol une colerette empêchant une accumulation artificielle des eaux de ruissellement. L'hétérogénéité de la macroporosité du sol dans cet horizon est malheureusement trop forte. Si l'on veut travailler en condition naturelle de grande culture, il faut donc revenir après les travaux culturaux et ajouter une colerette qui rejoint le cylindre de drainage (soudure éventuelle ou goudron chaud), car on ne peut espérer équilibrer parfaitement le bilan hydrique sans isoler complètement le monolithe.

A Adiopodoumé, les essais d'irrigation sur sol au-delà de la capacité de rétention ont montré que les eaux commencent à drainer vers 1,50 m de profondeur trois heures après le début des essais et que les eaux recueillies sont pratiquement limpides*. Un rendement de 80 % est atteint généralement au bout de vingt-quatre heures mais il n'atteint 100 % que dix à quinze jours plus tard, le débit étant alors extrêmement réduit.

Il semble donc qu'ici la barrière des interfaces sol-sable-drain soit levée car le monolithe pèse de tout son poids (700 kg) sur le drain.

La méthode convient aussi bien pour les études quantitatives que qualitatives. De plus, elle est facile à réaliser et à contrôler. L'inconvénient vient de ce qu'on a dû isoler complètement un monolithe de volume relativement réduit et donc qu'on a détruit le système racinaire en place. Si cet inconvénient est mineur pour les graminées et les plantes de petite taille, à racines fasciculées ou pivotantes, il n'en est pas de même pour les arbres à racines traçantes.

D) APPLICATIONS

1) BILAN HYDRIQUE

La méthode des cases de drainage monolithiques permet de mesurer avec précision les eaux libres de drainage à chaque horizon du sol. De plus, on peut évaluer l'évapotranspiration réelle, en saison sèche, à l'aide d'un humidimètre à neutrons dont le tube d'accès est posé au centre du monolithe et, en saison des pluies, par différence entre la pluie et le drainage plus le ruissellement. En irrigant chaque jour, on pourrait aussi établir l'ETP.

2) BILAN CHIMIQUE

L'analyse des eaux de drainage, à chaque niveau, permet d'établir un bilan chimique des pertes en éléments solubles, en particulier en éléments fertilisants : on peut suivre la progression des engrais dans le sol et sa lixiviation.

3) BILAN COLLOÏDAL

Les eaux de drainage charrient, en suspension et en pseudo-solution, des colloïdes dont il est aisé de mesurer l'importance à chaque niveau : on peut contrôler ainsi l'appauvrissement actuel, le lessivage ou l'accumulation d'argile dans chaque horizon.

* Lorsque le sol a été reconstitué, le front d'eau atteint 1,50 m au bout de cinq à six heures : les eaux sont troubles et jaunes tandis qu'à cette profondeur elles sont légèrement blanches et opalescentes si le sol n'a pas été dérangé.

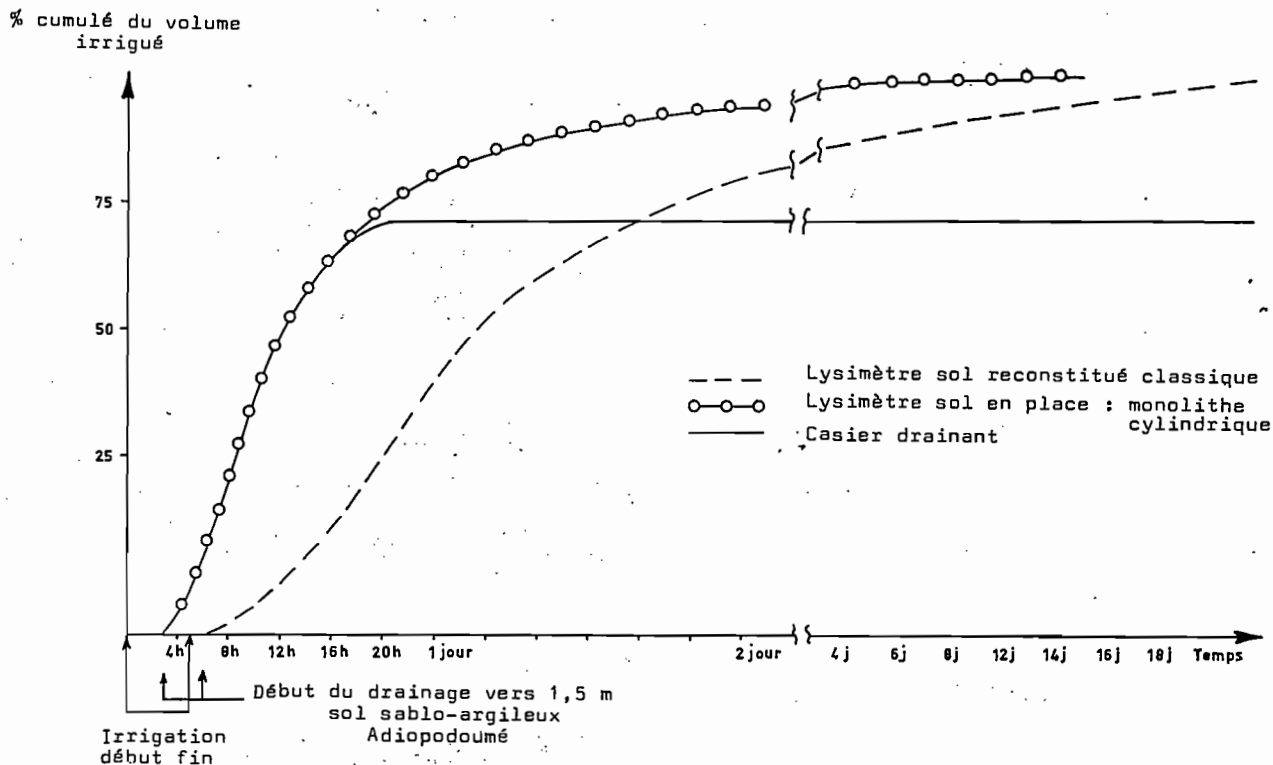


Fig. 7. — Schéma du drainage en fonction du temps pour différents types de lysimètres.

CONCLUSIONS

Les méthodes de mesure du drainage vertical décrites dans cette note ont pour principaux avantages de conserver la macroporosité du sol en place et d'être peu dispenseuses (± 10.000 F CFA) et faciles à réaliser.

La mise en place des cases de drainage sur monolithe a été réalisée non seulement sur des sols sablo-argileux (Adiopodoumé) mais aussi sur des sols graveleux à arène ferruginisée extrêmement dure (Bouaké).

Ces méthodes permettent une approche sérieuse des problèmes posés par l'évolution des sols sous l'effet des eaux de drainage vertical sous les aspects quantitatifs et/ou qualitatifs.

Elles ont aussi leurs limites : ce sont de petites unités (mais ne vaut-il pas mieux de nombreuses répétitions que de grandes unités puisque le sol est un matériau si hétérogène ?) et, comme tous les lysimètres, elles n'échappent pas aux phénomènes peu connus qui se passent au niveau des plans de discontinuités sol/lysimètre.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) AUDRY (P.), 1967. Observations sur le régime hydrique comparé d'un sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sous savane et sous culture (arachide et pénicillaire). Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive, 19-25 nov. 1967, communication n° 129, t. II, p. 1591-614, 10 fig., 16 réf.
- (2) CHARREAU (C.), JACQUINOT (L.), 1967. Etude au moyen de l'eau tritiée, de la circulation de l'eau dans un sol sableux du Sénégal. Tiré de « Isotopes and radiation techniques in soil physics and irrigation studies », IAEA, Vienna, 1967, p. 301-4, 6 fig., 2 tabl., 10 réf.
- (3) FEODOROFF (A.), 1965. Etudes expérimentale de l'infiltration de l'eau non saturante. Cas d'un sol initialement sec et d'un arrosage sans formation de plan d'eau en surface. *Ann. Agro.*, Paris, vol. 16, n° 2, p. 127-75 ; vol. 15, n° 3, p. 231-63, 11 tabl., 33 fig., 2 ann. bibl., 38 réf.

- (4) —, YARON (B.), 1967. Expériences sur l'infiltration de l'eau non saturante dans un sol préalablement humide.
Ann. Agro., Paris, 1967, 18, 1, p. 5-15.
- (5) HARROLD (L.L.), DREIBELBIS (F.R.), 1958. Evaluation of agricultural hydrology by monolith lysimeters: 1944-1955.
USDA and Ohio Agric. Expt Station, Technical Bulletin, n° 1179, 166 p., 34 tabl., 43 fig., 134 réf.
- (6) —, BRAKENSIEK (D.L.), MAC GUINNESS (J.L.), AMERMAN (C.R.), DREIBELBIS (F.R.), 1962. Influence of land use and treatment on the hydrology of small watershed at Coshocton, Ohio, 1938-1957.
USDA and Ohio Agric. Expt Station, Technical Bulletin, n° 1256, 194 p., 45 tabl., 36 fig., 19 réf.
- (7) —, DREIBELBIS (F.R.), 1967. Evaluation of Agricultural hydrology by monolith lysimeters: 1956-1962.
USDA and Ohio Agric. Research and Dev. Center, Technical Bulletin, n° 1367, 124 p., 41 tabl., 39 fig., 187 réf.
- (8) JORDAN (C.F.), 1968. A simple tension-free lysimeter.
Soil Sci., Baltimore, 105, 2, p. 81-86.
- (9) MAC INTYRE (D.S.), LOVEDAY (J.), 1968. Problems of determination of soil density and moisture properties from natural clods.
Soil Sci., Baltimore, avril 1968, 105, 4, p. 232-5.
- (10) POURRUT (P.), 1968. Utilisation pratique de l'humidimètre à neutrons pour les mesures hydrologiques. Premiers résultats obtenus sur le bassin versant représentatif de la Tafaina (République Malgache). Campagne 1966-1967.
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., V, 2, p. 15-31.
- (11) ROOSE (E.J.), GODEFROY (J.), 1967. Erosion, ruissellement et drainage oblique sous une bananeraie de basse Côte-d'Ivoire. I. Milieu, dispositif et résultats en 1966.
Rapport ORSTOM multigr., 72 p., 14 tabl., 6 fig., 86 réf.
- (12) —, JADIN (P.), 1969. Erosion, ruissellement et drainage oblique sur un sol à cacao de moyenne Côte-d'Ivoire, Station IFCC, près de Divo. I. Milieu, dispositif et résultats des campagnes 1967-1968.
Rapp. multigraphié IFCC-ORSTOM, Abidjan, 77 p., 23 tabl., 15 fig., 154 réf.
- (13) SHARMA (M.L.), UEHARA (G.), 1968. Influence of soil structure on water relations in low humic latosols. I. Water retention. II. Water movement.
S. Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 32 : I. p. 765-70 ; II. p. 770-4.

ANNEXE

MATERIEL ET PRIX DE REVIENT D'UNE CASE DE DRAINAGE VERTICAL SUR MONOLITHE

(MARS 1970 A ABIDJAN)

MATERIEL	F CFA
2 tôles fer galvanisé 10/10 mm, 2 × 1 m	3.600
5 m de soudure ordinaire à oxy-acétylène tout compris	1.400
6 m de tuyau plastique à 80 F CFA/m	480
80 cm de fer « T » 30 × 30 × 3 (= ailerons)	100
50 cm de tube fer galva Ø = 31/27 mm	100
100 litres de sable grossier lavé	100
20 litres de goudron de route (40/85)	400
10 cm ² de toile nylon type Textiglas	50
2 masses pour frapper les ailerons	—
2 vieux tubes en 2 chevrons pour transmettre les chocs des masses sur les ailerons.	
1 pinceau pour étendre le goudron	300
TOTAL	6.230
MAIN-D'ŒUVRE	
2 journées de soudeur	1.600
3 journées de 2 manœuvres pour les fosses	1.200
1 journée de 2 manœuvres pour la mise en place	400
	3.200
Soit au TOTAL	9.430

RESUME. — *Les auteurs décrivent deux méthodes peu onéreuses et faisant appel à des dispositifs d'installation faciles pour mesurer le drainage vertical dans le sol en place. L'une consiste à installer un casier drainant et l'autre à isoler un gros monolithe cylindrique ($\varnothing = 63$ cm, hauteur 30 cm à 250 cm) de sol en place par un cylindre en tôle mince rendu solidaire d'un cône drainant par un joint en goudron coulé à chaud. D'une discussion sur les résultats obtenus sous irrigation se dégagent les avantages, les inconvénients et certaines des applications de ces méthodes.*

SUMMARY.—TWO METHODS TO MEASURE VERTICAL DRAINING IN UNDISTURBED SOILS.

The authors describe two methods cheap and easy to use for measuring vertical drainage in undisturbed soil. The first consists in fitting up a draining bin into the profile and the second in isolating a big cylindrical monolith (diameter = 63 cm; height = 30 cm to 250 cm) of undisturbed soil by a thin sheet cylinder made integral with a draining cone by a joint of hot casted tar.

The discussion on the data obtained under irrigation conditions shows the advantages, disadvantages and some applications of these two methods.

RESUMEN. — DOS METODOS PARA MEDIR EL DRENAJE DE UN SUELO IN SITU.

Se describen dos métodos poco costosos y fáciles de aplicar, para medir el drenaje vertical de un suelo in situ. La primera técnica consiste en instalar una casilla de drenaje, y la segunda en aislar un grueso monólito cilíndrico (diámetro : 63 cm ; altura : 30 cm a 250 cm) de suelo con un cilindro de chapa delgada reunido con un cono de drenaje, por medio de una junta de alquitrán colado en caliente. La discusión de los resultados obtenidos bajo riego permite destacar las ventajas, los inconvenientes y las aplicaciones de los métodos descritos.