

Influence du couvert végétal sur la perméabilité des sols du bassin représentatif de Korhogo (Côte d'Ivoire)

H. CAMUS
Chargé de Recherches au Service Hydrologique,
C. BERTHAULT
Hydrologue,
Centre O.R.S.T.O.M. de Adiopodoumé (Côte d'Ivoire).

RÉSUMÉ.

Dans le cadre d'une étude fine de l'alimentation de la nappe d'arènes granitiques d'un petit bassin du nord de la Côte d'Ivoire, les auteurs ont cherché à relier les vitesses d'infiltration déduites des observations des mouvements de l'eau dans le sol par sonde à neutrons aux mesures de la perméabilité verticale des sols en place, selon la méthode Muntz. Ils ont constaté que cette perméabilité était peu influencée par la nature du sol mais dépendait étroitement de la couverture végétale (plantations d'arbres, densité de la strate herbacée) et de la mise en cultures (remaniement superficiel du sol). Les résultats de plus de cent essais d'infiltration Muntz sur le terrain étayent cette analyse.

ABSTRACT.

In the framework of a precise study of the infiltration to an aquifer bearing formation, in granitic layers, located in the Northern part of Ivory Coast, the authors looked after the relation between the infiltration rates estimated by the analysis of water movements in soils from neutronic probes data, and the measured vertical permeability in the field obtained with Muntz infiltrometer tests. They pointed out that the vertical permeability was not much influenced by the components of soil unit but strictly depended on the vegetation cover (effect of trees settlements, density of herbaceous stratum) and on the tillage practices (ridges...). More than one hundred results of field tests obtained with the Muntz method have been utilized to show up the influence of vegetation cover on soil permeability.

Dans le cadre de l'étude des paramètres physiques des différents types de sol du bassin représentatif de Waraniene-Doka (Korhogo), il a été procédé à des mesures du coefficient de perméabilité à l'aide de l'infiltromètre Muntz.

Ces mesures ont été faites en divers emplacements du bassin versant soit près des sites de mesures à l'humidimètre à neutrons, soit près de puits ou de piézomètres.

D'après les résultats obtenus, et malgré leur grande diversité, il apparaît que la nature du couvert végétal

influence plus les valeurs de perméabilité que le type de sol sur lesquels ont été faites les mesures.

1. LE BASSIN REPRÉSENTATIF DE WARANIENE-DOKA (KORHOGO).

1.1. HISTORIQUE.

Le bassin représentatif de Waraniene-Doka, d'une superficie de 3,63 km² est situé au nord de la Côte d'Ivoire, près de la ville de Korhogo. C'est un bassin reposant sur substratum granitique et situé dans une région de savane ; il est presque complètement mis en culture de façon intensive par une population rurale très dense, les Senoufos. L'étude de ce bassin a été commencée en 1962, conjointement par le B.R.G.M. et l'O.R.S.T.O.M. Le bassin de Waraniene-Doka a été choisi comme représentatif des arènes granitiques très cultivées de la région septentrionale de Côte d'Ivoire parce que l'exutoire du bassin où se trouve la station de mesure hydrométrique est situé sur un seuil rocheux qui sert également d'exutoire à la nappe souterraine qui est entièrement contenue dans le bassin. Il est donc apparu rapidement qu'il était peut-être possible de dresser un bilan hydrologique complet, à la seule condition, toutefois, de connaître ce qui se passait entre la surface du sol et la nappe. Depuis 1966, l'O.R.S.T.O.M. a continué d'exploiter seul ce bassin représentatif, avec les objectifs de recherches suivants :

- étude analytique fine des conditions de ruissellement sur un bassin d'arènes granitiques ;
- recherche des conditions d'alimentation de la nappe phréatique à l'aide d'une exploration intense des mouvements de l'eau dans le sol par sondages neutroniques.

Afin de remplir ces objectifs, un programme détaillé de mesures d'humidité du sol par la méthode gravimétrique a été mis en place en 1967 ; la méthode neutronique a été introduite en 1968 ; en phase opérationnelle les mesures se répétaient chaque semaine en une douzaine d'emplacements explorés tous les dix ou vingt centimètres sur des profondeurs de 2 à 6 m. Des mesures particulières à rythme intense sont également faites en quelques sites après les pluies très

fortes. Les variations de la nappe sont contrôlées chaque jour en 28 puits ou piézomètres.

Des premiers résultats sur l'introduction de la méthodologie neutronique au champ en pays tropical ont été présentés dans ces cahiers par J. RODIER et P. POURRUR en 1967 [1], puis par P. DUBREUIL à la Société Hydrotechnique de France en 1969 [2].

Parallèlement à cette étude des mouvements de l'eau dans le sol, il a été procédé en plusieurs sites caractéristiques du bassin, à des mesures des paramètres du sol tels que densités réelle et apparente, porosité, granulométrie, perméabilités verticale et horizontale, etc.

L'emplacement des sites de mesures a été choisi en fonction de la carte pédologique des sols du bassin versant dressée en 1963 par A. PERRAUD et M. CHEROUX, pédologues O.R.S.T.O.M.

Il est important d'ajouter que depuis 1965, une ou deux fois l'an, les hydrologues ont dressé une cartographie des zones cultivées du bassin versant. En effet, ce bassin versant se trouvant situé dans une région à forte densité de population, et à vocation agricole, les cultures ont d'année en année pris de plus en plus d'extension, et il était nécessaire de tenir compte de ce facteur important.

Enfin, rappelons que le climat de la région de Korhogo, est un climat de type tropical de transition, caractérisé par :

- une saison sèche, de novembre à mars, pendant laquelle les précipitations sont nulles ou insignifiantes ;
- une saison des pluies d'avril à octobre, au cours de laquelle les précipitations sont abondantes et fréquentes, notamment en août et septembre. La pluviométrie moyenne interannuelle est voisine de 1 400 mm.

L'évaporation sur bac ORSTOM atteint 2 000 mm/an avec des valeurs journalières oscillant entre 3 mm (août) et 8 mm (avril), en moyenne.

La carte d'équipement, figure 1, donne la localisation des divers emplacements de mesures des précipitations, des niveaux de nappe et des variations d'humidité du sol (tubes de sonde).

1.2. APERÇU PÉDOLOGIQUE.

L'étude pédologique du bassin versant de Waraniene-Doka, en 1963, par A. PERRAUD et M. CHEROUX a permis de différencier cinq types de sols principaux qui sont les suivants :

a) Sols rouges gravillonnaires de plateau (à tendance ferrallitique) :

Caractérisés par un horizon gravillonnaire sableux de couleur ocre rouge à brun rouge. Il existe sur le bassin deux variantes de ce type de sol, l'une avec une carapace dès la surface, l'autre argileux et non gravillonnaire en surface ; la répartition de ces deux variétés de sol de plateau étant très irrégulière, n'a pu être cartographiée. Ces sols ont une texture sableuse avec dominance de sable grossier (60%). La perméabilité mesurée sur un échantillon remanié et sous charge

BASSIN DE WARANIENE-DOKA

Carte d'équipement
(période 1968-1972)

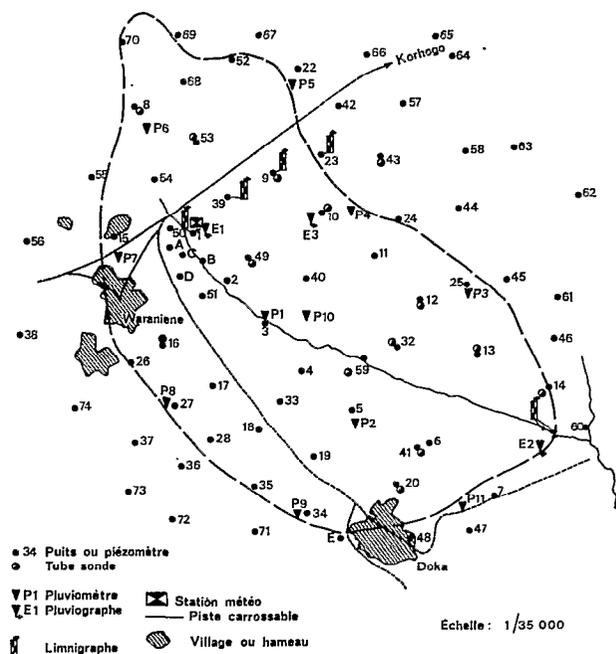


Fig. 1.

constante au laboratoire donne des valeurs fortes (10 à 30 cm/h).

b) Sols ocres très gravillonnaires de pente :

Caractérisés par un horizon de teinte gris ocre, sableux, gravillonnaire, ces sols sont des sols tronqués ; l'horizon de surface colluvionnaire est très dégradé. Ces sols contiennent de 50 à 60% de gravillons. La perméabilité au laboratoire est moyenne (5 à 10 cm/h).

c) Sols beiges ocres de pente :

Ce sont des sols ferrugineux de couleur beige ocre, sableux en surface, à hydromorphie temporaire en profondeur. La texture de ces sols est sableuse en surface (60 à 70% de sable grossier) et argileuse à partir de 50 cm de profondeur (40 à 50% d'argile) — les limons et sables fins ne représentent qu'environ 20% des éléments.

La perméabilité de ces sols est variable : faible dans le haut du bassin (de 2 à 5 cm/h), forte près de la station météorologique (15 à 20 cm/h).

d) Sols gris blanchâtres de bas de pente (à tendance ferrugineuse) :

Très reconnaissable par l'aspect gris blanchâtre de leur surface, ce sont des sols sableux non gravillonnaires, à hydromorphie de profondeur.

Ces sols contiennent 80% de sable et ont une perméabilité médiocre (1 à 7 cm/h).

e) Sols gris de bas-fond :

Ce sont des sols à hydromorphie permanente et souvent totale. Des variations importantes de la granulométrie sont dues à la largeur variable du bas-fond : sables dominants quand le bas-fond est étroit, et argiles dominantes dans la partie centrale du bas-fond élargi.

Pour le type sableux (70% de sable dont 50% de sable grossier), on a des phénomènes d'hydromorphie dès 5 à 10 cm de profondeur.

Pour le type argileux (partie centrale du bassin) on a de 25 à 35% d'argile ; la texture argileuse est favorable au maintien d'un plan d'eau.

La perméabilité de ces sols est néanmoins très faible, de 2 à 5 cm/h.

La répartition en pourcentage de la superficie du bassin versant de ces différents types de sols est très différente : les plus abondamment représentés sont les sols rouges du plateau (41,4%) et les sols ocres de pente (39,5%), sols qui occupent à eux seuls 80,9% de la superficie du bassin ; viennent ensuite les sols beiges ocres de pente (9,7%), les sols gris blanchâtres de bas de pente (5,1%) et enfin les sols gris de bas-fond (4,3%). La figure 2 représente la répartition géographique des cinq types de sol dans le bassin.

savane herbeuse, avec arbustes et quelques baobabs recouvrant les plateaux et les bas de pente. On trouve également deux petits bois, les « bois sacrés » de Doka et Waraniène, vestiges d'une ancienne forêt. Enfin, une forêt galerie, réduite à une largeur de 20 m, existe dans la partie centrale du bassin, sur environ 300 m, le long du marigot.

Vers 1964, la S.A.T.M.A.C.I.¹ a fait sur une partie du bassin versant des plantations de tecks et d'anacardes ; ces plantations représentent 12 % de la superficie du bassin versant et se situent sur la rive droite du thalweg principal. La hauteur moyenne des anacardes qui était de 0,80 m en 1965 est passée à 3,50 m en 1971. De même les tecks qui ne dépassaient pas 0,80 à 1 m en 1965, atteignent actuellement 5 à 6 m de hauteur.

L'influence de ce couvert végétal à feuillage permanent (anacardes) ou semi-permanent (tecks) est très importante sur le ruissellement, et également sur l'infiltration et l'évapotranspiration.

La densité de peuplement en tecks et en anacardes est assez variable. En ce qui concerne les plantations de tecks elle varie de 350 à 450 pieds/ha. Les anacardes représentent de 500 à 600 pieds/ha, mais dans ces plantations, il n'est pas rare de trouver des zones où les arbustes sont moins développés voire même absents ; ceci ne donne donc pas un couvert régulier : très dense en certains endroits, il peut être faible en d'autres.

Enfin du point de vue des surfaces cultivées, il est intéressant de souligner ici qu'en 1962, 18 à 20% du bassin étaient sous cultures, et que d'année en année, nous avons atteint plus de 50% en 1971. Les deux modes principaux sont la culture sur buttes (ignames, manioc) et la culture en billons (riz, maïs, mil et un peu de manioc et gombos). Ces billons sont suivant les cas orientés soit parallèlement aux courbes de niveau lorsque la pente du sol est sensible, soit perpendiculairement lorsque cette pente est faible.

Dans les bas-fonds et aux alentours, la culture du riz est très développée ainsi que celle des tomates, gombos (genre de poivrons utilisés localement pour les sauces), piments, oignons, ou autres cultures maraîchères. La figure 3 illustre l'évolution historique de la mise en cultures du bassin, et situe les plantations de tecks et d'anacardes.

2. PROGRAMME DE MESURE DE LA PERMÉABILITÉ.

Avant d'entrer dans le détail des observations et résultats obtenus, nous rappellerons brièvement la méthode utilisée.

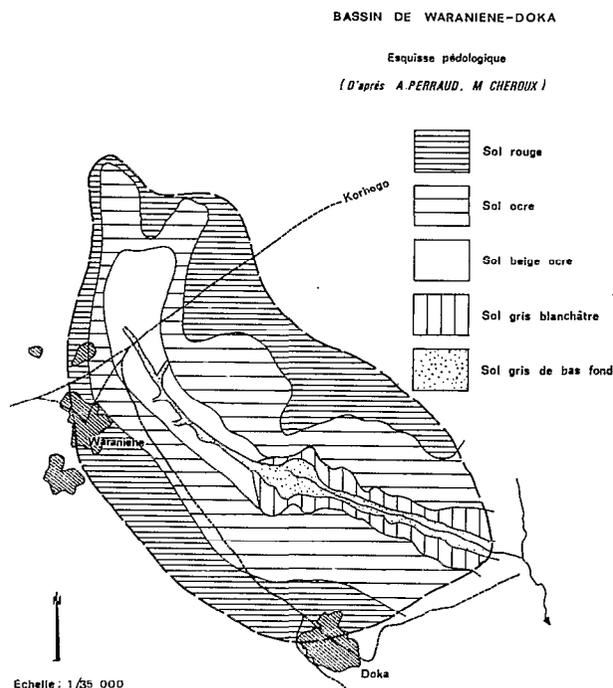


Fig. 2.

1.3. VÉGÉTATION ET CULTURES.

La végétation qui couvre le bassin versant de Waraniène-Doka, est celle de la savane arbustive :

¹ La S.A.T.M.A.C.I. est la Société d'Assistance Technique pour la Modernisation Agricole en Côte d'Ivoire. Elle s'occupe principalement dans le Nord du pays des plantations de tecks et d'anacardes, ainsi que de l'aménagement des bas-fonds pour la culture du riz.

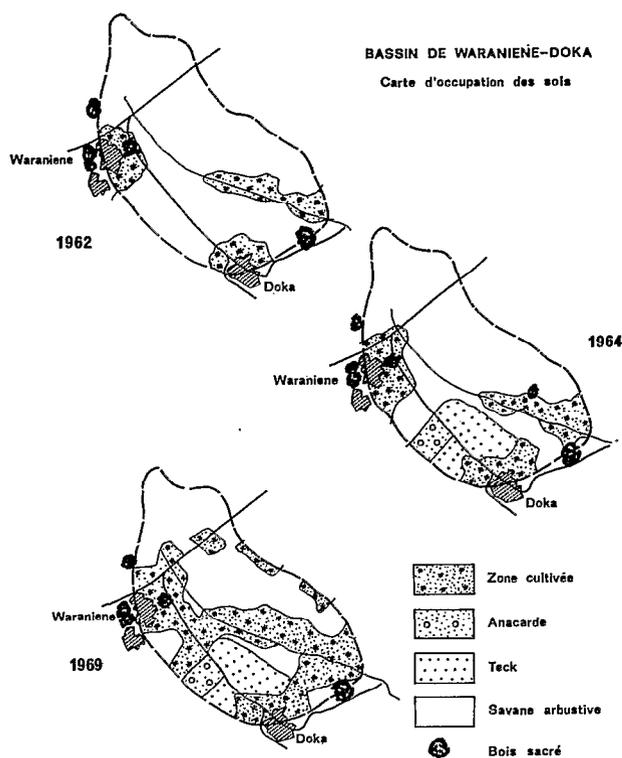


Fig. 3.

Nous avons pour mesurer la perméabilité verticale employé l'infiltromètre Muntz. Celui-ci bien que gros consommateur d'eau, a le gros avantage de ne pas trop détruire la couche superficielle du sol et de donner la perméabilité verticale, celle du sens de l'infiltration.

Nous nous sommes servis d'un appareil construit selon les plans de MM. J. COLOMBANI, J.-P. LAMAGAT et J. THIEBAUX (cf. l'article correspondant dans le même cahier).

Le lecteur se reportera à l'article cité pour les détails de fabrication de l'infiltromètre et pour les procédures de mise en place sur le terrain et l'exécution de la mesure, les procédures retenues à KORHOGO ne différant pas de celles proposées par J. COLOMBANI et als.

Lorsque nous avons entrepris les mesures de perméabilité à l'aide de l'infiltromètre Muntz, sur le bassin versant de Waraniène, nous avons comme souci que les observations effectuées soient :

a) représentatives des différents types de sol du bassin ;

b) utiles pour parfaire la compréhension des phénomènes de réhumectation des sols que nous observons en seize points du bassin à l'aide de l'humidimètre à neutrons.

Le critère le plus important qui nous a guidé dans notre choix des emplacements de mesures a donc été la détermination de la perméabilité aux voisinages

des sites de mesures d'humidité des sols. Nous avons donc effectué des mesures en cinq points représentatifs des cinq types de sols du bassin.

Les résultats que nous avons obtenus n'étaient pas conformes à ce que nous attendions et souvent même très différents de ce que l'aspect superficiel du sol pouvait laisser supposer. Nous faisons par site une série de trois mesures, repérées en distance et en orientation, par rapport au point de référence du site marqué d'un piquet de couleur.

Après cette première série de mesures, un peu déçu, il nous a fallu nous rendre à l'évidence : pour mieux comprendre ce qui se passait, il fallait multiplier les mesures, choisir d'autres sites ayant comme point commun une même unité de sol. Au fur et à mesure que se multipliaient les mesures, nous nous sommes aperçu qu'il était plus correct en fait de choisir une même unité de végétation, comme référence plutôt qu'une même unité de sol. C'est dans cet esprit qu'ont été menées les dernières séries de mesures et l'interprétation des résultats.

Sur le plan pratique de la technique de mesure, nous retiendrons que le procédé utilisé (méthode de Muntz améliorée) est assez simple d'emploi. En ce qui concerne les déplacements sur le terrain pour opérer en des sites différents, il se pose des problèmes de transport et d'alimentation en eau. Sur un terrain de savane arbustive, on peut toujours, en disposant d'un véhicule tout terrain ou non, approcher le plus près possible des sites de mesures, ce n'est pas facile mais, avec le temps et de la bonne volonté, on y arrive. Le problème d'eau est plus complexe, et nous ne saurons trop conseiller de véhiculer avec le matériel une réserve de 200 l d'eau au moins. Ce qui permet de répéter les mesures et de ne pas trop effectuer de navettes dans les endroits difficilement accessibles. Les mesures que nous avons faites se sont montrées en certains sites très longues (plus d'une heure) ; seul celui qui opère peut déterminer exactement le temps nécessaire à la mesure.

3. RÉSULTATS DES MESURES EFFECTUÉES SUR LE BASSIN VERSANT DE KORHOGO.

Entre 1970 et 1971, il a été effectué sur le bassin versant de Waraniène-Doka plus d'une centaine de mesures de perméabilité par la méthode Muntz. En chaque site, nous avons fait au minimum trois mesures ; pour certains sites il y en a eu dix, voire plus, soit que le terrain, le mode de culture ou la végétation nous ait paru différents (cf. fig. 4).

En ce qui concerne les résultats acquis, nous ne les considérons pas comme des valeurs absolues de perméabilité, mais seulement comme des ordres de grandeur indispensables pour affiner la connaissance du bassin.

Le choix des emplacements de mesure n'a pas été aléatoire, mais basé sur des observations personnelles, ce qui peut déformer la signification spatiale des résultats ponctuels obtenus.

BASSIN DE WARANIENE-DOKA
Emplacement des mesures de perméabilité

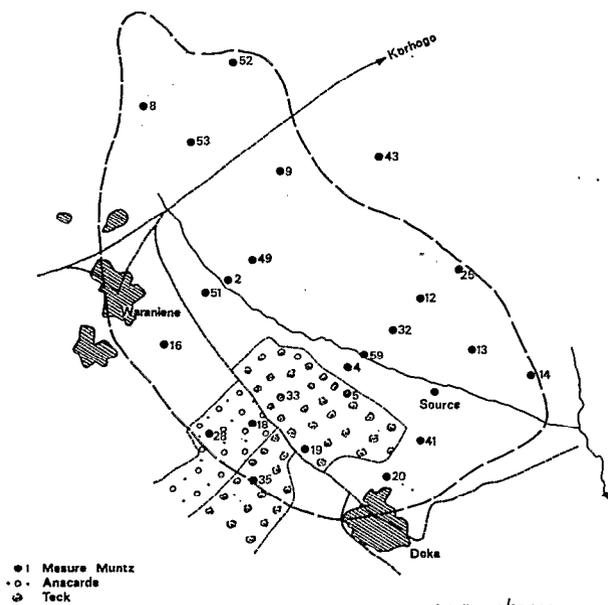


Fig. 4.

Toutes les mesures et observations faites ont été rassemblées dans les tableaux n° I à V, correspondant aux cinq unités de sols.

Dans ces tableaux sont représentés successivement :
 En colonne 1 : le repérage du site P n° ... (cf. fig. 4) ;
 En colonne 2 : la date de la série de mesures ;
 En colonne 3 : le numéro de la mesure (M1, M2...) dans la série ;
 En colonne 4 : la durée de la mesure ;
 En colonne 5 : la perméabilité K en 10^{-6} m/s ;
 En colonne 6 : les observations : nature du sol, nature de la végétation, cultures, jachères, billons, état du ciel, etc. ;

En colonne 7 : une classification des occupations de sol.

Cette classification des occupations de sol figurant en colonne 7 comprend huit classes, désignées par les symboles T1 à T8.

Cette classification a été élaborée pour l'interprétation des résultats ; elle tient compte du complexe associé « sol-végétation » en différenciant d'abord les sols non cultivés dits naturels, puis les sols en cultures ou ayant été cultivés récemment dits remaniés.

Nous avons effectué à l'intérieur de chacun de ces groupes, des distinctions se rapportant soit à la végétation couvrante, soit au mode de culture ou à la situation micro-locale.

Nous donnons ci-après les définitions de ces huit différentes classes d'occupation de sol.

Classe d'occupation des sols	Description du sol et de son couvert végétal
T1	Sols naturels, durs ou gravillonnaires, sous couvert végétal arbustif dense (tecks, anacardes).
T2	Sols naturels avec couvert arbustif peu dense et tapis herbacé dense, ou sol à tapis herbacé très dense à dense.
T3	Sols naturels, à couverture végétale (tapis herbacé) peu dense à dense.
T4	Sols naturels nus ou à faible couvert végétal.
T5	Sols remaniés annuellement ou bi-annuellement, cultivés, avec ou sans couvert végétal ; parties hautes des billons ou des buttes.
T6	Sols remaniés annuellement ou bi-annuellement, cultivés avec ou sans couvert végétal, parties basses entre billons et buttes.
T7	Sols remaniés assez anciens (plus de 2 ans) avec ou sans couvert végétal.
T8	Sols remaniés très anciens (plus de 3 ans), avec ou sans billons, avec ou sans couvert végétal.

Nous tenons à signaler que dans le rangement des sites de mesures par classe d'occupation de sol, quelques cas d'espèces se sont présentés. Ainsi nous avons, dans les teckeraies, constaté que le couvert végétal avait une influence assez directe et par là même limitée. En effet, si nous faisons des mesures sous les tecks eux-mêmes, elles se situaient en T1, dans le cas où nous les faisons entre deux tecks ou dans des zones où les tecks n'avaient pas poussé, les valeurs trouvées étaient faibles en raison du couvert végétal réduit. Ceci nous a amené à les classer dans plusieurs catégories suivant que nous étions sous les tecks ou non. En ce qui concerne les anacardes, l'influence est moindre, à une ou deux exceptions près, car le couvert végétal est très dense, et d'autre part permanent. C'est ainsi qu'en ce qui concerne les sites P 28 ou P 35, nous avons dû classer des mesures en T1, T3 ou T4 en fonction du couvert végétal à l'emplacement précis de la mesure, bien que l'ensemble de ces mesures soit fait effectivement dans les plantations d'anacardes et de tecks.

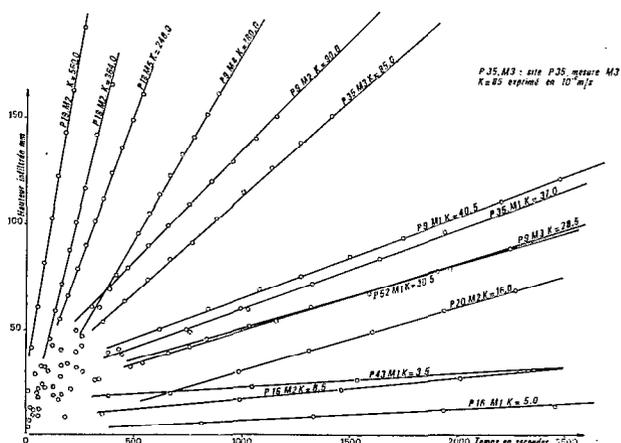


Fig. 5. — Essais Muntz sur sols rouges de plateau.

TABLEAU I

RÉSULTATS DES MESURES DE PERMÉABILITÉ MUNTZ SUR SOL ROUGE DE PLATEAU

1	2	3	4	5	6	7
Site	Date	Numéro de la mesure	Durée de la mesure (h, mn)	K 10 ⁻⁶ m/s	Observations	Classe d'occupation des sols
P 9	11.9.70	M 1	1,02	40,5	Sol avec quelques graminées	T 3
	»	M 2	0,50	90,0	Sol à tapis herbacé pauvre	T 3
	»	M 3	1,10	28,5	Sol nu	T 4
P 9	21.5.71	M 1	0,17	75,0	Sol nu, ciel couvert	T 4
	»	M 2	0,17	258,0	Sol gravillonnaire, tapis herbacé dense	T 2
	»	M 3	0,20	148,0	Ancien billon, herbes	T 7
	»	M 4	0,18	180,0	Sol gravillonnaire, herbes	T 3
	»	M 5	0,23	176,0	Sol gravillonnaire, tapis herbacé	T 3
	»	M 6	0,24	144,0	Entre deux anciens billons, herbes rases	T 7
P 16	14.9.71	M 1	1,48	5,0	Sol gravillonnaire nu	T 4
	»	M 2	2,00	8,5	Sol gravillonnaire nu, quelques herbes	T 4
	»	M 3	1,39	16,5	Sol gravillonnaire avec quelques graminées	T 4
P 18	8.9.70	M 1	0,23	220,0	Sous anacardes, sol meuble	T 1
	»	M 2	0,17	364,0	Sous anacardes, feuilles sèches	T 1
	»	M 3	0,15	472,0	Sous anacardes, tapis herbacé dense	T 1
	»	M 4	0,15	395,0	Sous anacardes, feuilles sèches	T 1
	»	M 5	0,30	248,0	Sous anacardes, quelques graminées Sol meuble	T 1
P 19	25.9.70	M 1	0,15	424,0	Sous tecks, feuilles, tapis herbacé	T 1
	»	M 2	0,11	560,0	Sous tecks, tapis herbacé, feuilles mortes	T 1
	»	M 3	0,17	356,0	Sous tecks, tapis de feuilles mortes	T 1
P 20	26.9.70	M 1	0,30	20,0	Anciens billons (+ de 3 ans)	T 8
	»	M 2	1,06	16,0	Entre billons, maïs, récents, sol nu	T 6
	»	M 3	1,29	7,0	Entre 2 billons, maïs, sol nu et compact	T 6
P 25	22.9.70	M 1	0,28	221,0	Ancien billon, herbe assez dense	T 7
	»	M 2	1,18	10,5	Entre 2 vieux billons, herbes rases, sol sec	T 8
	»	M 3	1,13	289,0	Ancien billon, tapis herbacé dense	T 7
P 28	24.9.70	M 1	0,17	370,0	Sous anacardes, feuilles mortes	T 1
	»	M 2	1,00	21,0	Sol gravillonnaire nu entre anacardes	T 4
	»	M 3	1,42	10,0	Entre anacardes, sol nu	T 4
P 35	24.9.70	M 1	0,55	37,0	Dans teckeraie, sol avec herbes peu dense	T 4
	»	M 2	0,25	191,0	Sous tecks, feuilles mortes et graminées	T 1
	»	M 3	0,38	85,0	Dans teckeraie, tapis feuilles mortes	T 3
P 43	22.9.70	M 1	1,42	3,5	Entre 2 billons de l'année	T 6
	»	M 2	1,36	3,5	Entre 2 billons de l'année	T 7
	»	M 3	1,12	29,5	Ancien billon, graminées (+ 2 ans)	T 7
P 52	21.9.70	M 1		30,5	Anciens billons, quelques herbes	T 7
	»	M 2		40,5	Anciens billons, quelques herbes	T 7
	»	M 3		85,5	Anciens billons, herbes assez denses, ciel couvert	T 7

TABLEAU II

RÉSULTATS DES MESURES DE PERMÉABILITÉ MUNTZ SUR SOL OCRE DE PENTE

1	2	3	4	5	6	7
Site	Date	Numéro de la mesure	Durée de la mesure (h, mn)	K 10^{-6} m/s	Observations	Classe d'occupation des sols
P 5	10.9.70	M 1	0,17	324,0	Sous teck, tapis herbacé dense	T 1
	»	M 2	1,25	24,0	Entre tecks, sol nu, quelques feuilles sèches	T 4
	»	M 3	1,12	140,0	Entre tecks, couvert herbacé assez dense	T 3
P 8	25.9.70	M 1	1,20	18,0	Sol dur, tapis herbacé peu dense	T 4
	»	M 2	1,10	15,0	Sol dur, quelques graminées	T 4
	»	M 3	0,53	63,0	Sol dur, tapis herbacé assez dense	T 5
P 12	30.9.70	M 1	1,25	3,2	Sol très dur, ancien sol remanié, sans végétation	T 8
	»	M 2	1,13	4,5	Sol très dur, anciens billons (+ de 5 ans)	T 8
	»	M 3	1,25	3,0	Sol très dur, anciens billons (+ de 5 ans)	T 8
P 13	4.9.70	M 1	0,57	14,8	Sol dur, graminées éparses	T 4
	»	M 2	0,51	18,8	Sol gravillonnaire, graminées éparses	T 4
	»	M 3	0,41	23,5	Sol gravillonnaire dur, couverture herbacée claire	T 4
	»	M 4	1,08	9,2	Sol gravillonnaire dur, rares graminées	T 4
	»	M 5	1,10	18,0	Sol gravillonnaire dur, rares graminées	T 4
P 32	30.9.70	M 1	1,00	13,0	Entre 2 billons de l'année, sol nu	T 6
	»	M 2	0,48	23,5	Billons aplanis, sol nu (+ de 3 ans)	T 8
	»	M 3	0,27	72,5	Anciens billons, tapis herbacé peu dense (+ de 2 ans)	T 7
	24.5.71	M 1	0,26	170,0	Sommet billon de l'année, herbes rases	T 5
	»	M 2	0,16	196,0	Entre 2 billons année, herbes rases assez denses	T 6
	»	M 3	0,19	78,0	Entre 2 billons (1 an) sol nu	T 6
	»	M 4	0,12	232,0	Sommet billon, graminées	T 5
	»	M 5	0,25	33,0	Entre 2 billons, sol faiblement couvert	T 6
	»	M 6	0,08	950,0	Sommet billon récent, sol nu	T 5
	»	M 7	0,22	69,0	Entre 2 billons, sol gravillonnaire, faible couvert végétal	T 6
	»	M 8	0,17	405,0	Entre 2 billons récents, sol remanié gravillonnaire	T 6
P 33	25.9.70	M 1	0,31	226,0	Sous teck, sol nu gravillonnaire	T 1
	»	M 2	0,13	536,0	Sous teck, sol gravillonnaire, tapis herbacé dense	T 1
	»	M 3	0,16	474,0	Sous teck, sol couvert végétal dense	T 1
P 41	18.9.70	M 1	1,19	51,5	Vieux billons, tapis herbacé	T 8
	»	M 2	0,21	252,0	Sol dur, tapis herbacé dense	T 3
	»	M 3	0,48	137,0	Ancien billon, tapis herbacé clair	T 7
P 49	16.9.71	M 1	1,21	29,5	Vieux terrain de culture, sol nu	T 8
	»	M 2	1,37	13,5	Sol nu gravillonnaire, très dur	T 4
	»	M 3	0,40	17,2	Sol gravillonnaire, pas de tapis herbacé	T 4

TABLEAU III

RÉSULTATS DES MESURES DE PERMÉABILITÉ MUNTZ SUR SOL BEIGE OCRE DE PENTE

1	2	3	4	5	6	7
Site	Date	Numéro de la mesure	Durée de la mesure (h, mn)	K 10^{-6} m/s	Observations	Classe d'occupation des sols
P 2	1.10.70	M 1	0,38	55,5	Ancien billon, herbes	T 7
	»	M 2	0,41	25,0	Ancien billon (+ 3 ans), sol nu	T 8
	»	M 3	0,36	73,0	Entre 2 anciens billons, sol à tapis herbacé assez dense	T 7
P 51	1.10.70	M 1	0,42	10,5	Sol très dur, entre 2 billons (+ 5 ans)	T 8
		M 2	0,38	11,0	Sol très dur, nu entre 2 vieux billons	T 8
P 53	5.9.70	M 1	0,31	64,0	Sol très dur, quelques graminées	T 4
		M 2	0,40	5,0	Sol très dur, nu	T 4
	25.5.71	M 1	0,41	21,0	Sol dur, nu	T 4
		M 2	0,41	14,0	Sol dur, rares graminées	T 4

TABLEAU IV

RÉSULTATS DES MESURES DE PERMÉABILITÉ MUNTZ SUR SOL GRIS BLANCHÂTRE DE BAS DE PENTE

1	2	3	4	5	6	7	
Site	Date	Numéro de la mesure	Durée de la mesure (h, mn)	K 10^{-6} m/s	Observations	Classe d'occupation des sols	
P Source	2.10.70	M 1	0,36	14,0	Ancien billon, quelques herbes rases	T 8	
		M 2	0,51	5,5	Ancien billon, sol nu	T 8	
		M 3	2,10	3,0	Entre 2 billons anciens	T 8	
	25.5.71	M 1	2,00	(1 à 2,0)	Entre 2 billons anciens	T 8	
		M 2	0,23	44,0	Entre 2 billons anciens, herbes rases	T 7	
		M 3	2,00	(1 à 2,0)	Entre 2 billons (+ 2 ans), sol nu	T 7	
		M 4	0,24	160,0	Sommet billon (1 an), sol nu	T 5	
		M 5	0,17	160,0	Sommet billon (1 an), sol nu	T 5	
	P 14	5.9.70	M 1	0,40	63,0	Entre 2 anciens billons, graminées	T 7
			M 2	0,47	46,0	Sommet vieux billon, sol nu	T 7
M 3			0,42	46,0	Sommet vieux billon, sol nu	T 7	
21.5.71		M 1	0,21	60,0	Sommet vieux billon, sol nu	T 7	
		M 2	0,25	54,0	Sommet ancien billon, sol nu	T 7	
		M 3	0,26	57,0	Sommet ancien billon, sol nu	T 7	
		M 4	0,17	241,0	Entre 2 anciens billons, sol à tapis herbacé dense	T 7	
		M 5	0,17	170,0	Entre 2 anciens billons, herbes denses	T 7	
M 6	0,25	50,0	Entre 2 billons récents, sol nu	T 6			
M 7	0,21	122,0	Entre 2 billons anciens, sol à couvert assez dense	T 7			
M 8	0,24	125,0	Entre 2 billons anciens, sol dur, avec graminées et herbes	T 7			

TABLEAU V
RÉSULTATS DES MESURES DE PERMÉABILITÉ MUNTZ SUR SOL GRIS DE BAS FOND

1	2	3	4	5	6	7
Site	Date	Numéro de la mesure	Durée de la mesure (h, mn)	K 10^{-6} m/s	Observations	Classe d'occupation des sols
P 4		M 1	2,00	(1 à 2,0)	Essais de mesures sur ces types de sols 4 essais en 2 sites différents, sol hydromorphe avec niveau de la nappe à 0,50 m.	T 6
		M 2	2,00	(1 à 2,0)		T 6
P 59		M 1	2,30	(1 à 2,0)	Au bout de 2 heures, aucun déclenchement Infiltration très faible, K évalué à 1 ou 2 10^{-6} m/s	T 6
		M 2	2,10	(1 à 2,0)		T 6

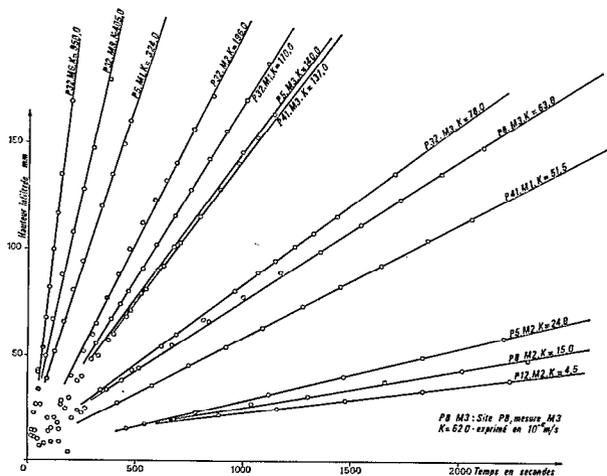


Fig. 6. — Essais Muntz sur sols ocre de pente.

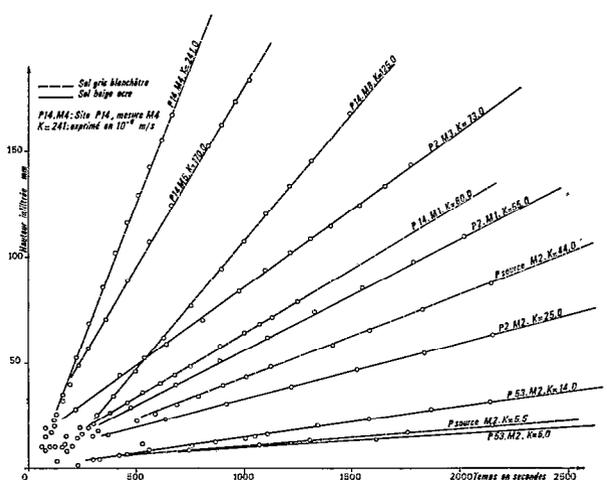


Fig. 7. — Essais Muntz sur sols beiges ocres et gris blanchâtres.

4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS,

Sur les graphiques 5, 6, 7 ont été portées un certain nombre de droites correspondant aux différentes mesures de perméabilité.

Le graphique 5 intéresse les perméabilités obtenues sur sols rouges de plateau (cf. tableau I) ; le graphique 6 celles obtenues sur sols ocres de haut de pente (tableau II). Sur le graphique 7 nous avons représenté quelques perméabilités de sols beige ocre et de sols gris blanchâtre (tableaux III et IV).

Nous n'avons pas représenté de perméabilité afférente aux sols gris de bas-fond, car nous ne possédons aucune mesure précise sur ces types de sol. Ce sont des sols argileux, compacts et hydromorphes, et après deux heures de mesures, nous n'avons pas noté d'infiltration mesurable. Ces sols sont en général situés dans les bas-fonds et sont cultivés presque toute l'année.

Au premier examen des résultats consignés dans les tableaux I à V et reportés sur les graphiques 5 à 7, il est facile de voir que pour chaque type de sol, il existe une *grande dispersion* dans les résultats des mesures effectuées. Cette dispersion va en s'atténuant pour les types de sol tels que beiges ocres, blanchâtres ou gris de bas-fond. En effet, ces types de sols sont d'une part assez faiblement représentés spatialement et de plus ils sont pour la plus grande partie d'entre eux cultivés et présentent donc, si l'on peut dire, des faciès de végétation assez peu différents.

Nous savons bien que le choix des emplacements que nous avons fait, basé sur les sols et la végétation, n'est pas le fait du hasard. En outre lorsque, à la surface du sol, nous voyons des trous de termites ou de fourmilières, nous avons déplacé la mesure un peu plus loin. Quelle que soit l'influence de cette « équation personnelle » de l'hydrologue choisissant un site de mesures, et malgré le cadre limité de notre expérimentation, nous pouvons dégager des observations effectuées plusieurs éléments d'interprétation :

a) En premier lieu, et cela apparaît clairement à la lecture des tableaux I à V, nous constatons une grande dispersion de mesures, pour une même unité de sol ;

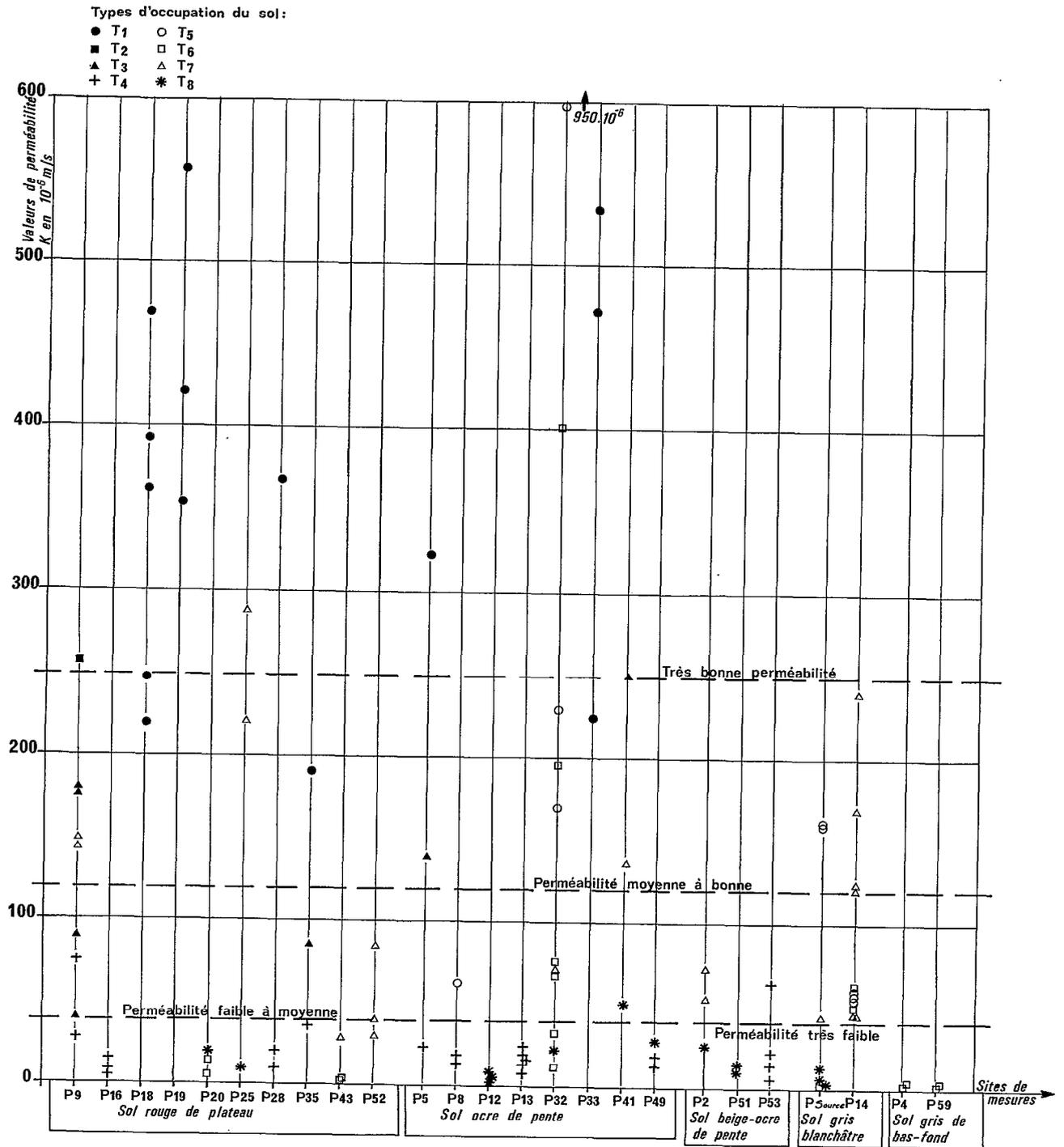


Fig. 8. — Essai de délimitation de classes de perméabilité sur le bassin de Waraniene - Doka.

b) En second lieu, il apparaît que les perméabilités les plus fortes, à quelques exceptions près sont celles obtenues soit sous un couvert végétal dense (teckeraies, plantation d'anacardes), donc en milieu naturel, soit sur des sols remaniés annuellement, et où sont édifiés par les agriculteurs des billons et des buttes (milieu artificiel) ;

c) La perméabilité décroît lorsque l'on passe des sols à couvert végétal dense ou cultivés aux sols nus ou à couvert végétal faible.

Nous avons porté sur le graphique 8 en ordonnées les valeurs de perméabilité trouvées (K en 10^{-6} m/s) et en abscisses les sites de mesures classées par type de sol, les classes d'occupation de sol, T 1 à T 8 étant différenciées.

Cette représentation graphique permet de composer quatre classes de perméabilité qui sont :

1) Une classe de perméabilité très faible à faible (K compris entre 1 et 40.10^{-6} m/s). Dans cette classe rentrent toujours les sols gris de bas-fond, hydromorphes que l'on peut considérer comme très peu perméables (sites 4 et 59).

Dans cette classe de perméabilité qui contient 47 résultats de mesures de perméabilité, appartenant à tous les types de sol et, pratiquement, à tous les sites de mesures, nous retrouvons, d'après les distinctions faites sur l'occupation du sol 20 T 4, 11 T 6, 2 T 7 et 14 T 8.

C'est-à-dire que nous avons d'une part des sols naturels nus ou à très faible couvert végétal ou des sols remaniés récents (mais entre billons) ou bien des sols remaniés anciens sans ou avec très peu de couvert végétal.

2) Une classe de perméabilité faible à moyenne (valeurs de K comprises entre 40 et 120.10^{-6} m/s) qui correspond en majorité à des sols remaniés annuellement (entre billons ou buttes T 6) à des sols anciens (billons ou buttes à couvert végétal T 7) ou à des sols naturels à faible couvert végétal (en général quelques graminées ou herbes rases claires T 3 et T 4).

3) Une classe de perméabilité moyenne à bonne (K compris en 120 et 250.10^{-6} m/s) correspondant à des sols remaniés annuellement (haut de billons, ou de buttes T 5), ou anciens avec couvert végétal (T 7) ou à des sols naturels à couvert végétal assez dense (herbes, graminées avec quelques arbustes, T 3-T 1).

4) Une classe de perméabilité bonne à très bonne (K supérieur à 250.10^{-6} m/s) correspondant à des sols naturels sous couvert végétal arbustif dense (T 1), ou à couvert de graminées (T 2), ou bien à des sols remaniés (haut de billons récents T 5).

Il apparaît bien nettement que, mis à part les sols hydromorphes de bas-fonds, très argileux et peu perméables bien que cultivés annuellement, la perméabilité des terrains ne dépend pas de l'unité de sol, mais de l'unité de végétation : elle est d'autant plus forte que la couverture végétale est importante (densité de la strate herbacée et, surtout, couvert arboré

qui doit favoriser encore mieux l'amélioration de la structure du sol dans la zone d'influence du système racinaire). Le remaniement du sol pour la culture favorise la perméabilité (hauts de billons au sol léger et bien aéré), l'effet s'annulant environ deux ans après le retour en jachère.

CONCLUSION.

L'objet de la présente note était de montrer qu'avec des techniques de terrain modestes, l'hydrologue pouvait déterminer la perméabilité verticale des sols avec une certaine rigueur, et ainsi rendre compte de la variabilité du phénomène avec les types de sols et la végétation.

Nous pensons que cette expérience réalisée sur le bassin de Waraniène-Doka a été fort utile, car nous sommes sûrs maintenant que la perméabilité en place d'un type de sol n'est pas définie par le type de sol lui-même, mais bien plus par la végétation qui le recouvre.

Nous avons vu que deux types de sols différents ont sensiblement la même perméabilité, sous le même couvert végétal, et des perméabilités différentes lorsque ce couvert végétal diffère. Ceci justifie l'importance d'une carte de végétation ou d'occupation des sols à côté de la carte pédologique pour l'analyse hydrologique.

Dans le cas du bassin de Korhogo par exemple, nous sommes en présence d'un bassin situé dans une région à forte densité de population ; de plus les Senoufos sont des agriculteurs travailleurs. Il est sûr que le développement d'année en année, des surfaces cultivées sur ce bassin, modifie considérablement le milieu naturel et doit affecter le régime hydrologique. Nous nous proposons d'en vérifier l'exactitude lors de l'analyse fine de celui-ci.

L'expérimentation entreprise à Korhogo sera reprise sur un nouvel ensemble de bassins représentatifs, dans la région du contact entre la forêt et la savane au centre de la Côte d'Ivoire, où justement, les végétations de couverture sont très variables.

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] RODIER (J.), POURRUT (P.) - 1967 - Etude de l'alimentation des nappes souterraines sur bassins représentatifs. Derniers enseignements méthodologiques des campagnes hydrologiques de l'O.R.S.T.O.M. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IV, n° 4.
- [2] DUBREUIL (P.) - 1969 - Les études analytiques de l'infiltration, du mouvement de l'eau dans le sol et de l'alimentation, de la nappe phréatique sur quelques bassins représentatifs de l'O.R.S.T.O.M. Communication au Comité Technique de la S.H.F., le 13 juin 1969. La Houille Blanche, n° 8/1969, pp. 889-894.