

**BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX
EN AFRIQUE ORIENTALE BRITANNIQUE
RAPPORT DE MISSION**

BASSINS VERDANTS EXPERIMENTAUX
EN AFRIQUE ORIENTALE BRITANNIQUE

par M. ALDEGNERI,
Chargé de Recherches de l'O.R.S.T.O.,
Chef du service hydrologique
de l'I.E.S.S.

BASSINS VERSANTS NATURELS ET ARTIFICIELS
EN AFRIQUE ORIENTALE BRITANNIQUE

Pendant un mois, du 9 avril au 6 mai, nous avons effectué un séjour d'étude à la Division de Physique de l'East African Agriculture and Forestry Research Organisation (EAAFRO), grâce à une bourse accordée par le Gouvernement du Royaume-Uni dans le cadre des stages de formation effectués sous l'égide de la Fondation pour l'Assistance Mutuelle en Afrique au Sud du Sahara (FAMSA).

Le présent rapport donnera un aperçu des recherches effectuées dans le domaine des Bassins Versants Expérimentaux par la Division de Physique du sol de l'EAAFRO.

Nous examinerons tout d'abord très brièvement l'organisation de l'EAAFRO, avant de décrire sommairement (situation et équipement) les deux Bassins Versants que nous avons visités au cours de la Conférence Interafricaine sur l'Hydrologie, et exposer les méthodes employées pour la détermination du Bilan Hydrique.

Nous examinerons également les procédés de laboratoire utilisés pour déterminer les caractéristiques physiques des sols (capacité aux champs, vitesse d'infiltration, etc..) fabriquer les blocs de plâtre pour l'étude de l'humidité en profondeur. Nous dirons également quelques mots sur les mesures météorologiques et particulièrement les mesures de radiation solaire à partir des radiomètres GUN-BELLANI et de l'étalonnage de ces appareils à l'aide des enregistreurs KIPP.

I - L'EAAFRO - ORGANISATION ET ROLE -

Organisme de recherche interterritorial l'EAAFRO dépend administrativement de "l'East Africa High Commission". Elle a été fondée en 1948 et a absorbé le premier East African Agricultural Research Institute d'AMANI, créé en 1927.

EAAFRO est financée conjointement par les trois états de l'Afrique Orientale, KENYA, TANGANYIKA et UGANDA, par le protectorat de ZANZIBAR et par le Royaume-Uni, grâce aux fonds du développement colonial et du bien-être africain (Welfare Funds).

La direction et les laboratoires centraux, la ferme expérimentale et les plantations forestières sont installés dans la forêt de MUGUGA, près de NAIROBI, sur un terrain offert par le Gouvernement du KENYA.

EAAFRRO travaille en relation étroite avec l'organisation correspondante pour la Recherche Vétérinaire, EAVRO. Leurs directions ont un bâtiment commun à MUGUGA. Les laboratoires et la ferme sont situés à proximité.

La bibliothèque est commune. C'est la plus complète et la plus importante de l'East Africa, au point de vue Agriculture et Sciences annexes.

Les travaux de recherches sur les industries animales sont répartis entre les deux organisations.

Le programme de l'EAAFRRO est établi par l'East African Agricultural and Fisheries Research Council, Conseil dont les membres sont nommés par les Gouvernements territoriaux, la Haute Commission et le Colonial Office. Le Conseil est également responsable du fonctionnement général de l'Organisation.

Les principales fonctions de l'EAAFRRO sont les suivantes :

- Entreprendre les travaux de recherches à très long terme difficilement exécutables par les Départements Territoriaux de l'Agriculture et les Services Forestiers -

- Entreprendre les travaux de recherche communs à l'ensemble des territoires ou à certains d'entre eux -

- Exécuter les travaux, demandant un équipement hautement spécialisé ou du personnel de recherche dont la présence ne peut se justifier que dans les laboratoires centraux de l'East Africa -

De plus, EAAFRRO, participe aux problèmes d'intérêt local à la demande des départements territoriaux. Elle intervient à distance dans le travail des chercheurs territoriaux.

Le programme détaillé de recherches de l'EAAFRRO est évidemment établi en très étroite collaboration avec les départements territoriaux. Il est ensuite approuvé par les trois Comités Coordinateurs de la Recherche. Ces Comités ainsi que d'autres pour les différentes sciences, sont placés sous la présidence du Chef du Secrétariat Administratif de la High Commission. Le Directeur de EAAFRRO est membre de chacun d'eux.

Ces trois Comités Coordinateurs sont les suivants :

- Comité pour l'Agriculture ayant pour membres les quatre Directeurs Territoriaux de l'Agriculture -

- Comité pour les Industries Animales constitué par les Directeurs de l'Agriculture, les Directeurs des Services Vétérinaires et le Directeur de l'EAVRO -

- Comité pour les recherches forestières qui réunit les chefs de la Conservation forestière -

Ces Comités, conjointement avec le Conseil de Recherche, examinent tous les travaux de recherches en cours et décident des priorités générales, particulièrement de celles à très long terme ou très spécialisées, intéressant directement EAAFRQ.

EAAFRQ participe de plus aux Comités des Spécialistes qui groupent les chercheurs travaillant en E.A. dans chaque discipline représentée.

Ces Comités sont ainsi à même de pouvoir discuter des problèmes techniques qui se posent aux chercheurs au cours de leur travail et établir les projets pour une recherche nouvelle ou l'extension de la recherche en cours.

EAAFRQ comprend actuellement 16 divisions de recherches :

- Reproduction animale et Ferme expérimentale
- Chimie
- Spectrochimie
- Ecologie
- Recherche forestière
- Entomologie forestière
- Horticulture et pépinières
- Microbiologie
- Nématologie
- Physique
- Génétique des plantes
- Pathologie des plantes
- Physiologie des plantes
- Pédologie
- Botanique systématique

En plus de ces divisions, il existe des services annexes tels que : Bibliothèque, Publication de l'East African Agricultural Journal, East African Plant Quarantine Station, ainsi que les services administratifs, ateliers et magasins. Le personnel comprend une cinquantaine d'agents européens (chercheurs, assistants scientifiques, personnel administratif, etc..) et environ 80 agents africains (assistants de laboratoire, mécaniciens, etc..).

II - LA DIVISION DE PHYSIQUE -

Placée sous la direction du Docteur H.C. PEREIRA, elle a des activités très diverses telles que l'étude des Bassins Versants Expérimentaux, la mesure des radiations solaires, la météorologie agricole, la mesure des précipitations avec analyses des averse, les problèmes posés par l'irrigation, la physique des sols, l'étude des effets des ombrages sur les plantations de thé, etc..

Les plus importants travaux réalisés au cours de ces dernières années ont été orientés vers la recherche intensive sur les Bassins Versants Expérimentaux en vue de déterminer les effets du changement d'utilisation du sol sur leur bilan hydrique.

L'examen de ces études a été le but de notre visite à MUGUGA et le compte-rendu de nos observations sera donné dans le 5ème paragraphe.

La Division de Physique détermine dans ses laboratoires les caractéristiques des sols (capacité aux champs, points de flétrissement, vitesse d'infiltration, etc..) en vue, d'une part, de déterminer l'humidité du sol sur les Bassins Versants et obtenir ainsi une vérification des déficits obtenus par le calcul du bilan hydrique et d'autre part déterminer les besoins en eau des plantes.

Des études météorologiques (évaporation sur bacs, radiations, intensité des précipitations) complètent l'ensemble de ces mesures. Elles permettent en particulier le calcul de l'évaporation par la formule de PENMAN. Les mesures de l'albedo de différentes couvertures végétales sont effectuées avec le solanimètre portatif KIPP.

En vue d'obtenir la radiation solaire d'une façon simple et économique, l'emploi du GUN BELLAHNI a été généralisé et tous les bacs d'évaporation sont doublés d'un intégrateur. Ces appareils sont étalonnés à MUGUGA avant d'être installés sur les Bassins Expérimentaux. L'étalonnage est réalisé à l'aide d'un solarimètre KIPP enregistreur.

La Division étudie également la relation entre la variation du taux d'humidité dans le sol et la fréquence des rotations culturales.

L'étude des racines des pins radiata et patula et du thé a été effectuée dans diverses régions par la méthode du "root washing". Ces études ont montré en particulier que les racines du thé sont capables d'atteindre des profondeurs très grandes (4 à 5 m) et utilisent ainsi au maximum l'eau emmagasinée dans le sol.

L'étude détaillée de la distribution du système racinaire permet de mieux comprendre les corrélations existant entre les réserves d'eau et l'ombre et peut donner la solution du problème de la distance de plantation des téhiers.

Il faut noter que toutes ces études et particulièrement celles sur Bassins Versants Expérimentaux se font en étroite collaboration avec les différents Services des trois territoires : Forest Département, Hydraulic Engineer's Département, Département of Agriculture, Broock Bond E.A. Ltd, Tea Research Institute, Geological Survey, météorological Département, etc..

Durant notre bref séjour, il ne nous a pas été possible d'examiner en détail toutes les études effectuées par la Division de Physique et l'énumération ci-dessus comprend certainement des lacunes, mais le but de toutes les recherches tend généralement à amener une meilleure utilisation de cet élément précieux, parce que souvent très rare au KENYA : l'eau .

III - LES BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX -

Ces recherches ont été mises sur pied au cours de l'année 1956. A la suite d'une Conférence sur les Recherches sur Bassins Versants Expérimentaux, tenue à KUGUGA en Juin 1956 qui réunissait 36 spécialistes de différents départements, il a été établi le programme de recherches suivant :

- Etude de l'effet du remplacement à grande échelle de la forêt naturelle de bambous par de la forêt de bois tendre (Kikuyu Resettlement scheme dans les ABERDARE) -

- Etude de l'effet des cultures africaines sur les bassins versants à fortes pentes - effet de culture en enclos et effet du maintien de la haute forêt dans la nouvelle réserve forestière du Mboya Range au TANGANYIKA -

- Etude des effets du remplacement de la haute forêt par des plantations de thé dans la région de KERICHO -

- Etude des effets du contrôle des pâturages sur le taux d'infiltration et le débit sur les bassins versants semi-arides du district de Karamoja (UGANDA) -

Nous examinerons en détail les installations et les études effectuées sur les Bassins du Plateau de KINANGOP dans les ABERDARE et dans la région de KERICHO que nous avons visités pendant la Conférence Interafricaine sur l'Hydrologie en 1961.

Nous donnerons une rapide description des installations des deux autres Bassins, celui du TANGANYIKA et celui de l'UGANDA.

A/ - BUT DES ETUDES :

Les trois territoires de l'Afrique Orientale Britannique reçoivent des précipitations relativement faibles. Le problème de l'eau est très important aussi bien du point de vue agricole que du point de vue alimentation des grandes villes.

Dans ces régions aux sols profonds et très perméables il est important de connaître les effets du changement d'utilisation du sol sur les réserves d'eau souterraines et d'étudier en particulier, l'influence du changement de culture ou de couverture végétale sur le débit d'étiage des rivières.

B/ - METHODE UTILISEE POUR LA DETERMINATION DU BILAN HYDRIQUE :

Les méthodes classiques sont longues. Elles nécessitent la mesure des débits et des précipitations au moins dix ans avant le début du changement d'utilisation du sol, et dix ans après la transformation du bassin afin d'obtenir des bilans hydrologiques précis pour les deux périodes. Par comparaison on peut voir immédiatement quel a été l'effet du changement d'utilisation du sol.

La Division de Physique de l'IAAFRO préfère procéder à la comparaison du bilan hydrique du sol obtenu en utilisant l'équilibre énergétique de deux bassins pendant des périodes très courtes de 10 jours l'un conservé à l'état naturel et l'autre aménagé. Pour cela on mesure avec précision l'évaporation sur bac, le ruissellement à l'aide de déversoirs munis de limnigraphes, l'intensité des précipitations. On détermine également la distribution des racines ainsi que l'humidité du sol à différentes profondeurs et en plusieurs endroits du bassin.

Des mesures de points de flétrissement et de capacité aux champs des terrains permettent de déterminer les quantités d'eau disponibles pour les plantes, les quantités d'eau pouvant être drainées et la quantité d'eau stockée dans le sol. Ces mesures permettent par comparaison avec les calculs directs du bilan effectués à partir des mesures d'évaporation, de ruissellement et de pluie, de vérifier son exactitude et de déceler en particulier les pertes importantes pouvant se produire par infiltration très profonde.

C/ - EQUIPEMENT DES BASSINS VERSANTS :

- 1) Dans les monts ABERDARE sur les rivières THIKA, KIPAKIA, et GHANIA, cinq bassins versants ont été aménagés :

- Bassin Versant A : 90 acres (36,42 ha) sur lequel les bambous ont été coupés et remplacés par des Pins radiata, entre lesquels sont cultivés des petits pois, des haricots, pommes de terre, etc.. 85 % de la surface est plantée en pins, et les 15 % restant sont couverts de bambous (bandes anti-érosives dans les zones à pente assez fortes) -

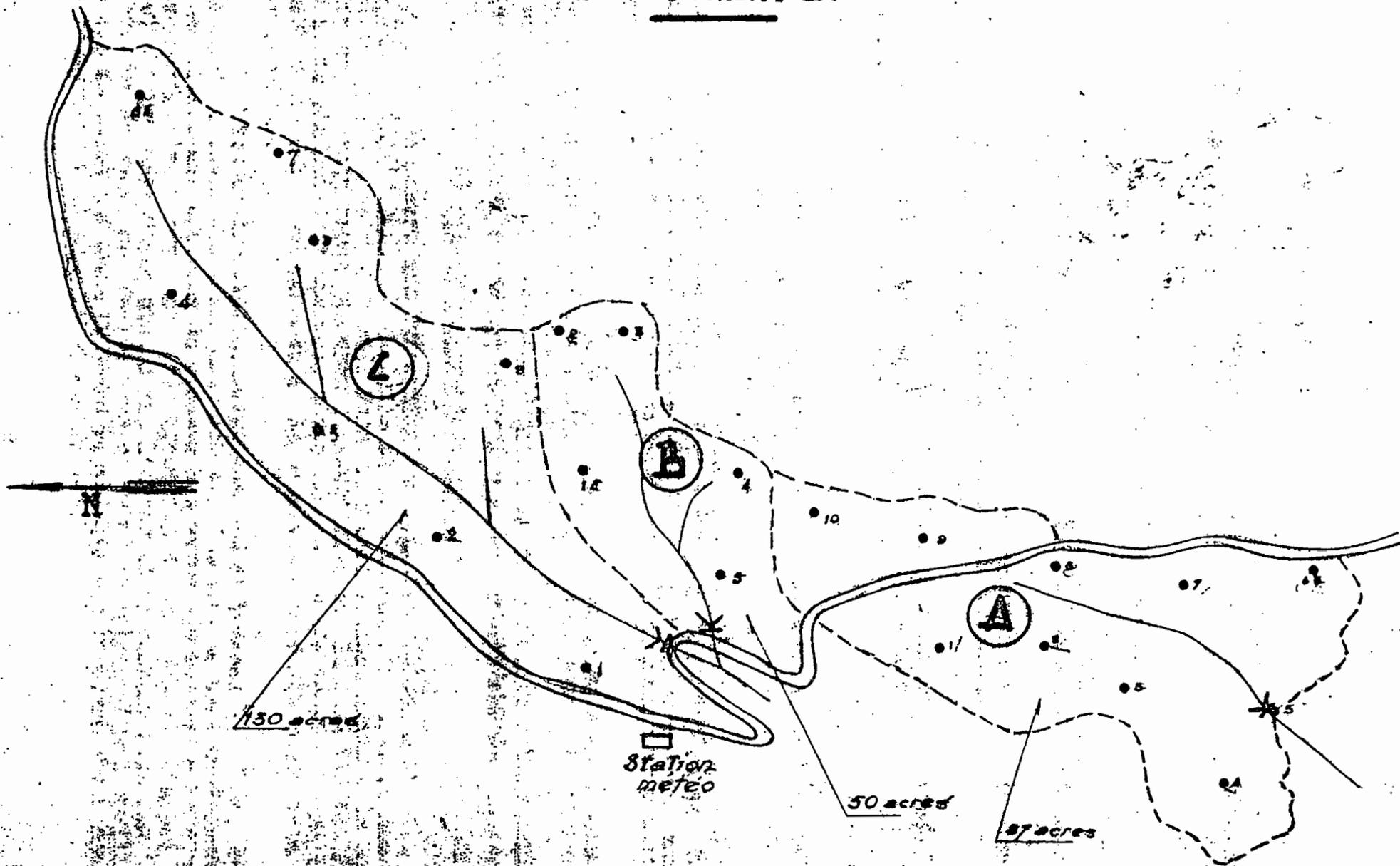
- Bassin Versant B : 50 acres (20,23 ha) à pente plutôt raide couvert d'une forêt dense de bambous qui sert de bassin de contrôle pour la détermination de la consommation en eau de la couverture naturelle -

- Bassin Versant C : 130 acres (52,60 ha) ayant une configuration analogue à celui de A sert également de bassin de contrôle -

- Bassin Versant D constitué par une longue et étroite vallée de 2,5 milles carrés (650 ha) qui s'étend de la station forestière, à 8.000 pieds, jusqu'à la crête de la chaîne, à 10.000 pieds. Ce bassin est couvert de grands bambous et de quelques grands arbres et vers le sommet d'herbes et de bruyères géantes. Il sera planté de pins en 8 ans et est utilisé comme contrôle du Bassin B -

- Bassin Versant E analogue à D (650 ha) situé entre la station du South KINANGOP et l'altitude de 10.000 pieds. 10 % de la surface est actuellement couverte de plantation. Les 90 % de la surface seront plantés en pins dans les six prochaines années. Des mesures d'humidité du sol sont faites dans les zones plantées de pins et de cyprès, la forêt naturelle et les bambous afin d'établir une comparaison.

BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX DE KIMAKIA



a) Mesures des débits :

Sur les Bassins A, B, C des déversoirs à lame mince (voir photo) ont été construits en collaboration par la Section Hydrologique du Ministère des Travaux Publics, le Service Forestier et l'ANAFRO.

Chaque déversoir est équipé d'une échelle de crue et d'un limnigraphe Lea Rotary.

Des enregistrements continus ont été obtenus depuis Juillet 1957 sur le Bassin A, depuis Juin 1957 sur le Bassin C et depuis Juillet 1958 sur le Bassin B.

Le Bassin D a été équipé d'un déversoir complexe en mince paroi construit par le Ministère des Travaux Publics en 1959. L'enregistrement des crues se fait à l'aide d'un limnigraphe Lea Rotary.

Les Bassins E et K (Kibuma Est et Kibuma Ouest) situés également en altitude ont été équipés par le City Council, ils sont entretenus par l'Ingénieur résidant à Sasuma, observés par le personnel de la station forestière du South KIRANGOP et les renseignements obtenus sont dépouillés par la Division de Physique à MUGUGA.

Ces bassins constituent un bel exemple de travail en collaboration entre différents Services d'un même territoire qui devrait être imité particulièrement à Madagascar.

Deux grands Bassins sur la Haute GANHIA et la SASUMA dont les débits sont observés par le City Council et le Ministère des Travaux Publics et les pluies par le service météorologique, permettent d'avoir un élément de comparaison avec les petits bassins expérimentaux.

Les déversoirs (à mince paroi et déversoirs type H) ont une courbe de tarage théorique utilisée en général pour les faibles débits. Pour les grandes crues ces courbes doivent être vérifiées pour tenir compte des vitesses d'approche qui sont loin d'être négligeables. Ces mesures sont effectuées à l'aide de moulinets.

b) Mesure des précipitations :

La mesure des précipitations dans des régions couvertes de hautes forêts présente quelques difficultés et des méthodes nouvelles ont été mises au point. Dans un bassin versant couvert de bambous ou de haute forêt, la mesure essentielle est la quantité totale de pluie par unité de surface. Cette mesure est réalisée de la meilleure façon à la surface même de la couverture végétale quand cela est possible.

Des études préliminaires ont été effectuées à MUGUGA. Un pluviomètre a été placé sur une tour de 12 mètres de haut au-dessus d'une couverture uniforme de mimosas à environ 150 mètres de la station météo. Les mesures ont été effectuées de deux façons, d'abord à l'aide d'une éprouvette ordinaire, l'observateur montait tous les jours sur la tour, et ensuite avec un tuyau de Polyvinyl non mouillant de 1/4 de pouce qui amenait l'eau recueillie par le pluviomètre dans un réservoir situé sous le niveau du sol.

Pendant une période de 10 mois comprenant 120 jours de pluie les résultats suivants ont été obtenus :

- Mesures effectuées sur la plate-forme = 45,76 pouces
- Mesures effectuées au pied de la plate-forme à l'aide du tube de Polyvinyl = 45,58 -"-
- Mesures effectuées à la station météo = 46,33 -"-

Il semble que les précipitations sur la couverture soient systématiquement plus faibles que celles recueillies à la station météorologique.

Cependant, des mesures effectuées sur deux pluviomètres voisins, situés dans le parc météo, ont donné sur une période de 90 jours les hauteurs de pluie suivantes :

28,60 pouces
et 28,19 -"-

Les différences trouvées sont acceptables pour des mesures de précipitations qui ne peuvent pas être considérées comme des mesures physiques précises.

La méthode du pluviomètre placé sur plate-forme a été appliquée sur le Bassin Versant de KIMAKIA.

Onze pluviomètres ont été installés sur des plate-formes construites sur des arbres à 40 ou 60 pieds du sol. Sur deux de ces plate-formes il a été placé des pluviographes Dines. Les neuf autres sont des pluviomètres standard. L'orifice de tous ces appareils est placé horizontalement.

Sur les Bassins A, B, C, couvrant une superficie de 300 acres (121 ha), 23 pluviomètres (y compris les onze situés sur plate-forme) ont été installés en prenant soin de les répartir régulièrement dans les différentes zones caractéristiques des Bassins Versants.

Sur le Bassin A, 8 pluviomètres sont montés sur des poteaux basculants qui permettent de les placer au-dessus de la couverture végétale. Pour la mesure les poteaux sont abaissés et le pluviomètre descend dans la position verticale à hauteur de l'observateur. Les deux autres sont placés au sol dans les conditions normalisées par le British Meteorological Office.

Sur le Bassin B, tous les pluviomètres (cinq) sont placés sur plate-forme.

Sur le Bassin C, six pluviomètres sont posés sur plate-forme et deux sur poteaux.

Il y a, au total, trois enregistreurs, un sur chaque bassin. La densité moyenne des pluviomètres est d'un appareil pour 60 ha environ.

La comparaison des résultats obtenus montre des différences très faibles entre les précipitations recueillies au sol ou sur les plate-formes. La moyenne arithmétique des hauteurs obtenues à chaque pluviomètre donne la moyenne de la pluie sur le Bassin.

Ainsi, pendant la période Mai 1957 à Mai 1958, on a eu sur les Bassins A, B, C, respectivement 112 pouces, 119 pouces et 120 pouces de pluie.

a) Mesure de l'évaporation :

Une station météorologique complète est installée à KIMAKIA depuis 1956. On y mesure la valeur totale des précipitations, leur intensité, l'évaporation sur bac enterré et isolé du sol, sur bac surélevé et grillagé, la température de l'air, l'humidité, la vitesse du vent, les heures d'insolation et la radiation solaire.

L'évaporation potentielle est calculée avec les données ci-dessus par la formule de PENMAN.

d) Mesures d'humidité du sol :

Afin de déterminer la durée du drainage à différentes profondeurs il a été installé dans chaque Bassin trois stations équipées de blocs de plâtre. Ils sont enterrés en surface à un pied, deux pieds, etc., jusqu'à 10 pieds. Les mesures sont effectuées deux fois par semaine à l'aide d'un ohmètre gradué en logohms.

D'autre part, des échantillons sont pris tous les mois, sur les trois profils, dans chaque bassin, jusqu'à 10 pieds. Ils sont pesés à la station forestière et envoyés par la poste à NUGUGA pour passage à l'étuve et détermination de l'humidité. Ces mesures donnent une vérification du bilan hydrique calculé.

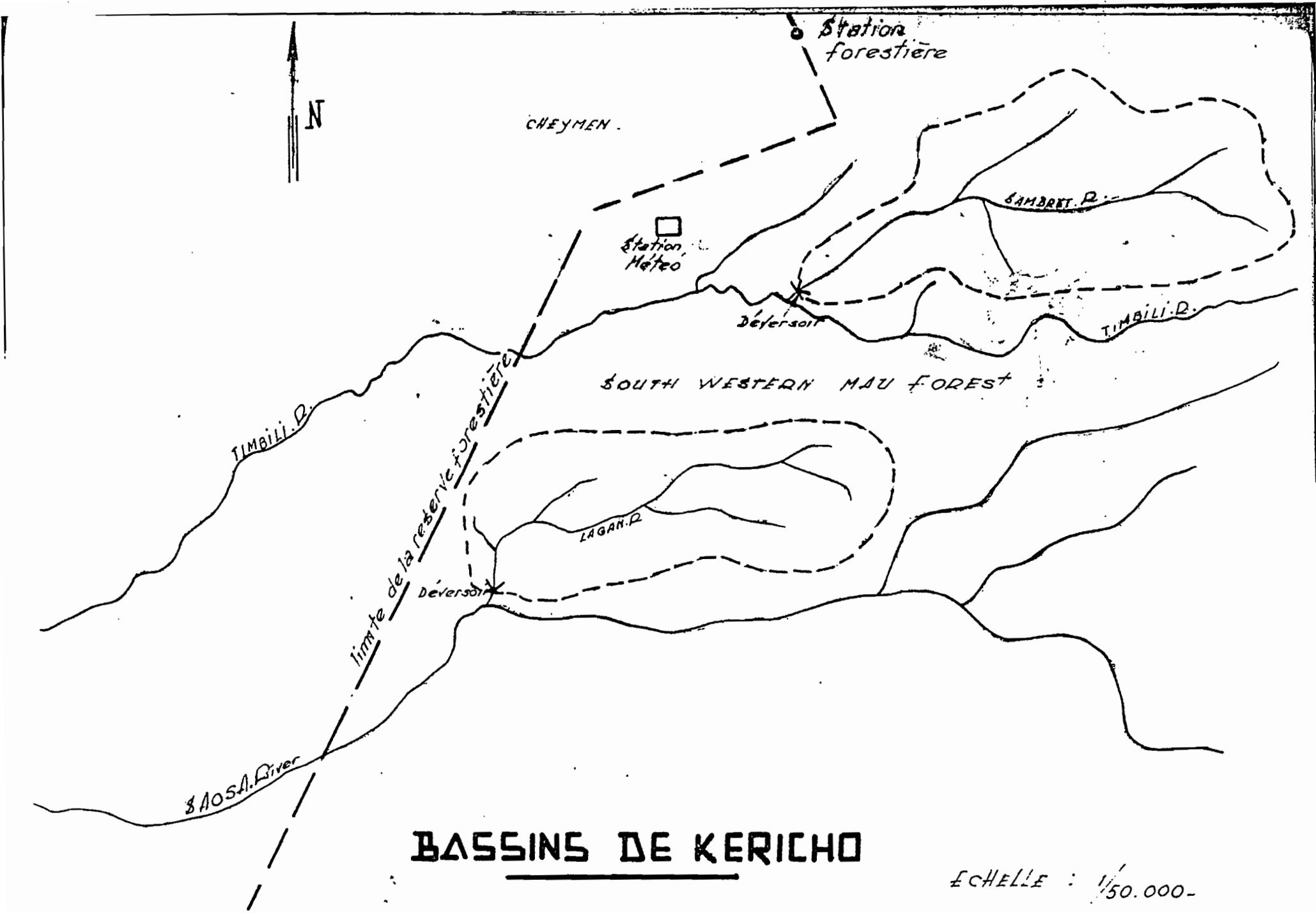
e) Levés topographiques :

Des levés topographiques précis des Bassins A et B avec courbes de niveaux tous les 3 m (10 feet) ont été exécutés par le topographe de l'EAAPRO.

La ligne de crête du Bassin C a également été levée.

- 2) Dans le Sud-Ouest de la forêt pluvieuse EAU, une étude intensive de Bassins Versants Expérimentaux a été entreprise en vue de déterminer l'effet du déboisement et du remplacement de la forêt par des plantations de thé.

A cet effet, deux bassins ont été choisis. Celui du SAMBRET et celui du LAGAN d'environ 3 milles de long et 1 mille de large ayant une orientation analogue et des sols identiques couverts de haute forêt naturelle.



BASSINS DE KERICHO

ECHELLE : 1/50.000-

Le Bassin du SAMBRET a une surface de 1728 acres (432 ha) celui du LAGAN 1408 acres (322 ha). Ce dernier servira de bassin de contrôle avec sa couverture forestière naturelle laissée intacte.

Un troisième petit Bassin de 70 acres (278 ha) environ (40 acres de thé et 30 acres couverts par les habitations des ouvriers d'une plantation de 900 acres) permettra d'étudier l'influence de la construction d'habitations et de routes sur le ruissellement. Ce Bassin est équipé d'un déversoir Parshall type H.

a) Mesures des débits :

Le débit est mesuré comme à KIRAKIA à l'aide de déversoirs à mince paroi sans contraction latérale, construits par la Division Of the Hydraulics Engineer Branch, du Ministère des Travaux Publics ou de déversoirs Parshall construits par le Service de la Conservation des Sols.

Les enregistrements sont obtenus à l'aide de limnigraphe Lea Rotary.

Sur le cours de la rivière SAMBRET, trois déversoirs à mince paroi ont ainsi été construits.

Les observations sont continues depuis Novembre 1957.

b) Mesures des précipitations :

Deux dispositifs ont été adoptés pour l'installation des pluviomètres :

- création d'une clairière circulaire de deux acres de façon à permettre aux pluies dirigées suivant un angle de 30° avec l'horizontale d'atteindre le pluviomètre -

- installation des appareils sur des plate-formes comme à KIRAKIA (100 pieds de haut environ) -

Sur le Bassin du LAGAN, trois enregistreurs Dines furent installés dans les clairières et trois autres sur plate-forme.

Au total sur les deux Bassins il y a cinq enregistreurs et neuf pluviomètres ordinaires ce qui donne une densité moyenne de un pluviomètre tous les 56 ha environ.

c) Mesure d'évaporation :

Près de l'Institut de Recherche du thé à FIENILIL, une station météorologique a été installée à la limite des Bassins Versants. Cette station contient un abri du type normalisé en East Africa avec thermomètres sec et humide, maxima et minima, un anémomètre à 2 m du sol, un appareil Campbell et Stokes pour la mesure d'insolation et un intégrateur de radiation Gun Bellani. Des bacs d'évaporation (Classe A, bac enterré et isolé) et un pluviomètre ordinaire.

Cette station fonctionne depuis Novembre 1957.

d) Levés topographiques :

Comme à KILAKIA, un levé topographique avec courbes de niveau tous les 10 pieds a été exécuté sur les bassins. La ligne de crête des bassins a été, de plus, débroussaillée et balisée.

c) Mesures d'humidité du sol :

Des blocs de plâtre ont été installés en Janvier 1958 jusqu'à 10 pieds en trois points sur chaque bassin comme à KILAKIA. Ils sont relevés deux fois par semaine avec un ohmètre B.T.L. Les renseignements ainsi obtenus sont complétés par des déterminations des caractéristiques physiques du sol (humidité par échantillonnage tous les mois, capacité aux champs et point de flétrissement).

-3) Autres Bassins

La Division de Physique de l'IAAFRO exploite d'autres bassins versants expérimentaux en US SIA et au TANGANYIKA.

Les principes adoptés pour l'installation de ces bassins sont identiques à ceux décrits plus haut, seuls peuvent différer la forme des déversoirs et l'installation des pluviomètres.

Les mêmes mesures sont effectuées. Tous les renseignements sont collectés à US SIA.

Nous devons insister sur une chose qui nous paraît importante : le grand nombre de pluviomètres utilisés sur la plupart des Bassins Versants de l'IAAFRO. Nous avons déjà vu des densités de pluviomètre tous les 5^{es} ha à KERICHO, un pluviomètre tous les 60 ha à KILAKIA. Au TANGANYIKA, nous trouvons un pluviomètre tous les 5 acres, soit 2 ha environ.

Un pluviomètre est un appareil bon marché et la légère différence de prix supplémentaire due à ces fortes densités est largement compensée par le fait que l'étude des précipitations est ainsi beaucoup plus serrée et les calculs statistiques simplifiés. La pluie moyenne est calculée en faisant la moyenne arithmétique.

IV - LES BASSINS VERSANTS EXPÉRIMENTAUX : DÉTERMINATION DU MILAN HYDRIQUE DES SOLS -

Pour un bassin donné le bilan hydrique peut s'écrire sous la forme (en admettant que les réserves d'eau dans le sol sont nulles à l'instant initial et que les apports dus à la condensation sont négligeables) :

$$P = R + E + G_R + I_p$$

dans laquelle :

- P est la pluie
- R le ruissellement
- E l'évapotranspiration
- G_R le stockage d'eau dans le sol
- I_p les infiltrations profondes

Dans le cas des Bassins de KERICHO et de KIAAKIA, les infiltrations profondes sont nulles. Ceci a été démontré par les observations et calculs effectués au cours des trois dernières années.

Les termes inconnus de l'équation ci-dessus sont

$$E_T \text{ et } G_R$$

Il est possible de déterminer E_T à partir de l'évaporation E_0 d'une nappe d'eau libre. PENNAN a démontré que sur un grand Bassin la relation entre E_T et E_0 est la suivante :

$$E_T = 0,8 E_0$$

AU KENYA, H.C. PEREIRA (1957) a montré que dans les plantations de café, pour des régions où il y a des saisons sèches sévères, le rapport E_T/E_0 peut varier entre 0,5 et 0,8 au cours de la même saison.

Mais dans les Bassins de contrôle où les systèmes radiculaires sont volumineux et profonds et où l'eau existe abondamment durant toute l'année les conditions pour l'évapotranspiration potentielle doivent prévaloir. On peut admettre que l'évapotranspiration de ces végétations verdoyantes (bambous et grande forêt) est donc toujours dans un rapport constant avec l'évaporation d'une nappe d'eau libre. Ce rapport ne peut varier légèrement qu'avec l'albedo des différentes couvertures.

Une valeur approximative de E_T est donnée, pour une année, par la différence entre la pluie et le ruissellement.

$$E_T = P - R$$

Dans le calcul de l'humidité du sol pour des périodes de 10 jours on utilise pour l'évaluation de E_T la moyenne des rapports E_T/E_0 obtenus à partir de plusieurs années hydrologiques.

Finalement, pour les périodes de 10 jours, la seule inconnue G_R est calculée par différence :

$$G_R = P - (R + E_T)$$

Nous donnons ci-dessous un exemple de détermination complète du Bilan Hydrique du Bassin de contrôle C de KIPAKIA.

Sur ce Bassin (ainsi que sur tous les autres) les observations donnent la pluie moyenne sur le bassin, le débit écoulé à la station de mesure et l'évaporation d'une nappe d'eau libre E_0 mesurée à l'aide d'un bac d'évaporation (Classe A ou type Kenya).

Le tableau ci-dessous donne le coefficient E_T/E_0 pour le Bassin C pendant les différentes années hydrologiques choisies en prenant des périodes de 12 mois successifs commençant le 1er de chaque mois à partir d'Octobre 1957. Le coefficient adopté pour le calcul est égal à la moyenne des valeurs ainsi trouvées.

FORT HONEY BASIN VERMONT "C"

Totaux pour une période de 12 mois successifs		P	Q	E_0	$\frac{E_T}{E_0}$
1er jour de		en Inches	en Inches	en Inches	apparent
dernier jour de					
Oct. 1957	Sept. 1958	102,2	57,66	49,58	0,89
Nov. "	Oct. "	99,13	57,57	48,91	0,85
Déc. "	Nov. "	92,22	56,76	49,35	0,86
Janv. 1958	Déc. "	100,32	54,48	48,96	0,94
Févr "	Janv. 1959	100,93	55,19	48,62	0,94
Mars "	Févr "	94,05	54,25	49,52	0,97
Avr. "	Mars "	88,57	51,03	49,14	0,76
Mai "	Avr. "	90,40	47,49	49,08	0,87
Juin "	Mai "	82,12	39,70	48,71	0,87
Juil. "	Juin "	75,69	35,74	49,50	0,81
Août "	Juil. "	73,01	32,28	50,31	0,81
Sept. "	Août "	76,10	30,31	50,73	0,90
Oct. "	Sept. "	79,00	30,85	50,29	0,96
Nov. "	Oct. "	77,12	31,22	50,70	0,91
Déc. "	Nov. "	79,08	32,01	50,54	0,93
Janv. 1959	Déc. "	76,05	32,70	51,02	0,85
Févr "	Janv. 1960	78,98	31,96	51,42	0,88
Mars "	Févr "	77,23	31,91	51,81	0,87
Avr. "	Mars "	80,35	31,83	58,30	0,93
Mai "	Avr. "	80,53	33,90	52,70	0,88
Juin "	Mai "	74,05	30,34	53,42	0,83
Juil. "	Juin "	78,00	29,84	53,40	0,90
Août "	Juil. "	76,13	30,30	52,85	0,87
Sept. "	Août "	72,68	30,42	52,12	0,81
Oct. "	Sept. "	71,90	29,27	51,07	0,83
Nov. "	Oct. "	77,82	29,07	50,81	0,95

A l'aide du coefficient E_T/E_0 égal à 0,9, on calcule, pour des périodes de 10 jours le drainage, le déficit en eau et le stockage dans le sol.

Les résultats sont consignés pour la période du 1er Novembre 1957 au 31 Octobre 1960 dans les tableaux suivants :

FOR BOREX BASSIN VERSANT "C"
Toutes les valeurs (P, E_0 , Débit etc..) sont transformées en lames d'eau en pouces sur le Bassin

Périodes de 10 jours	P en Inches	E_0 (Bac)	E_T calculé	Variation humidité au sol	Débit en Inches	Stockage	
1957 :							
Novembre	I	4,55	1,47	1,32	(3,23)	0,716	+2,51
	II	1,27	1,48	1,33	0,06	0,673	+1,83
	III	4,53	1,41	1,27	(3,20)	0,768	+4,26
Décembre	I	3,56	1,33	1,20	(2,36)	2,388	+4,29
	II	0,36	1,68	1,15	1,51	1,632	+2,66
	III	1,59	1,56	1,40	0,96	1,109	+1,55
1958 :							
Janvier	I	0,09	1,78	1,60	2,47	0,622	+0,88
	II	0,05	1,82	1,63	4,05	0,480	+0,40
	III	2,23	1,64	1,48	3,30	0,449	-0,05
Février	I	4,13	1,63	1,47	0,64	0,336	-0,39
	II	5,22	1,17	1,05	(3,53)	0,774	+2,37
	III	0,02	1,52	1,37	1,35	0,714	+1,66
Mars	I	0,38	1,86	1,67	2,64	0,528	+1,13
	II	8,33	1,72	1,55	(4,14)	0,912	+4,36
	III	5,24	2,07	1,86	(3,38)	2,851	+4,89
Avril	I	2,16	1,60	1,44	(0,72)	1,824	+3,79
	II	2,97	1,37	1,23	(1,74)	1,128	+4,40
	III	7,14	1,70	1,53	(5,61)	3,336	+6,67
Mai	I	11,70	1,61	1,45	(10,30)	9,192	+7,78
	II	6,74	1,41	1,27	(5,47)	6,000	+7,25
	III	4,70	1,42	1,28	(3,42)	3,907	+6,76
Juin	I	4,72	0,94	0,85	(3,27)	3,144	+6,89
	II	0,77	0,89	0,80	(0,03)	2,736	+4,15
	III	2,55	0,84	0,76	(1,76)	1,536	+4,37
Juillet	I	1,40	0,28	0,25	(1,15)	1,248	+4,27
	II	3,73	0,71	0,64	(3,09)	1,416	+5,94
	III	1,28	0,63	0,57	(0,71)	2,033	+4,62

Périodes de 10 jours		P en Inches	E ₀ (Bac)	E _T calculé	Variation humidité au sol	Débit en Inches	Stockage
1958 :							
Août	I	0,17	0,80	0,72	0,55	1,368	+3,25
	II	0,91	0,60	0,54	0,18	0,864	+2,39
	III	0,92	0,98	0,88	0,14	0,739	+1,65
Septembre	I	0,92	1,25	1,13	0,35	0,528	+1,12
	II	0,06	1,42	1,28	1,57	0,432	+0,69
	III	0,11	1,62	1,46	2,92	0,312	+0,38
Octobre	I	2,25	1,11	1,00	1,67	0,312	+0,07
	II	1,12	1,73	1,56	2,11	0,312	-0,24
	III	1,81	1,87	1,68	1,98	0,264	-0,50
Novembre	I	4,74	1,92	1,73	(1,03)	0,312	+0,22
	II	6,72	1,57	1,41	0,69	0,288	-0,07
	III	4,98	1,46	1,31	(2,98)	0,744	+2,17
Décembre	I	1,11	1,27	1,14	0,03	0,245	+1,42
	II	4,05	1,33	1,20	(2,86)	0,667	+3,61
	III	1,41	1,58	1,42	0,01	1,383	+2,23
1959 :							
Janvier	I	0,66	1,58	1,42	0,77	1,008	+1,22
	II	0,48	1,58	1,42	1,71	0,707	+0,51
	III	1,84	1,73	1,56	1,43	0,589	-0,08
Février	I	0,29	1,75	1,58	2,72	0,319	-0,46
	II	0,43	2,61	1,81	4,10	0,300	-0,76
	III	1,77	1,46	1,31	3,64	0,211	-0,97
Mars	I	1,13	1,85	1,67	3,93	0,245	-1,22
	II	5,24	1,40	1,70	0,59	0,382	-1,60
	III	4,68	1,36	1,62	(0,08)	0,444	-1,95
Avril	I	4,18	1,85	1,67	(2,51)	0,412	+0,15
	II	5,24	1,40	1,26	(3,98)	0,780	+3,35
	III	4,68	1,36	1,22	(3,46)	1,550	+5,26
Mai	I	5,50	1,48	1,33	(4,25)	3,436	+6,07
	II	4,88	1,14	1,03	(3,85)	2,894	+7,03
	III	4,45	1,44	1,30	(3,15)	4,980	+5,20
Juin	I	0,18	1,36	1,22	1,04	1,861	+3,34
	II	0,18	1,27	1,14	2,00	0,964	+2,38
	III	0,65	0,83	0,75	2,10	0,636	+1,74
Juillet	I	1,60	0,985	0,86	1,36	0,535	+1,20
	II	0,20	1,07	0,96	2,12	0,347	+0,85
	III	1,93	0,41	0,37	0,56	0,350	+0,50

Périodes de 10 jours		P en Inches	E ₀ (Bac)	E _T calculé	Variation humidité au sol	Débit en Inches	Stockage
1959 :							
Août	I	1,53	0,86	0,77	(0,20)	0,350	+0,35
	II	1,34	0,99	0,89	(0,45)	0,282	+0,52
	III	2,22	0,95	0,86	(1,36)	0,411	+1,47
Septembre	I	2,35	0,93	0,84	(1,51)	0,639	+2,34
	II	0,90	1,33	1,20	0,28	0,672	+1,67
	III	0,74	1,59	1,43	0,97	0,510	+1,16
Octobre	I	2,31	1,56	1,40	0,06	0,516	+0,64
	II	0,03	1,87	1,68	1,72	0,374	+0,27
	III	0,90	1,69	1,52	2,27	0,360	+0,69
Novembre	I	3,67	1,37	1,23	(0,16)	0,415	-0,35
	II	3,98	1,77	1,59	(2,40)	0,566	+1,48
	III	4,75	1,50	1,35	3,39	1,158	+3,71
Décembre	I	1,51	1,48	1,33	(0,12)	1,513	+2,32
	II	1,87	1,36	1,24	(0,63)	1,123	+1,83
	III	0,20	1,80	1,62	1,43	0,846	+0,98
1960 :							
Janvier	I	0,56	1,93	1,74	2,61	0,612	+0,37
	II	0,40	1,55	1,40	3,61	0,474	-0,10
	III	2,95	1,81	1,63	2,29	0,476	-0,58
Février	I	0,07	1,80	1,62	3,84	0,339	-0,92
	II	0,93	2,03	1,83	4,74	0,283	-1,20
	III	1,74	1,78	1,60	4,60	0,222	-1,42
Mars	I	2,11	2,10	1,89	4,38	0,263	-1,68
	II	3,23	1,70	1,53	2,68	0,241	-1,92
	III	6,43	1,96	1,76	(2,01)	0,485	-0,40
Avril	I	5,25	1,81	1,63	(3,57)	1,460	+1,71
	II	4,28	1,41	1,27	(3,61)	1,530	+3,19
	III	4,60	1,79	1,61	(2,99)	1,819	+4,36
Mai	I	5,30	1,52	1,37	(3,93)	3,977	+4,31
	II	1,43	1,77	1,59	0,16	2,405	+1,90
	III	2,30	1,50	1,35	(0,79)	1,368	+1,32
Juin	I	2,69	1,27	1,14	(1,55)	1,054	+1,82
	II	0,18	1,23	1,11	0,93	1,019	+0,80
	III	1,49	0,94	0,85	0,29	0,896	-0,10
Juillet	I	0,68	0,49	0,44	0,65	0,596	-0,80
	II	0,88	0,80	0,72	(0,11)	0,516	-1,21
	III	0,30	0,59	0,53	0,23	0,476	-1,69

Périodes de 10 jours	P en Inches	E _o (Bac)	E _t calculé	Variation humidité au sol	Débit en Inches	Stockage	
1960 :							
Août	I	0,19	0,52	0,47	0,53	0,37	-2,06
	II	0,31	0,72	0,65	0,87	0,32	-1,21
	III	1,16	0,83	0,75	0,46	0,33	-1,69
Septembre	I	0,26	1,15	1,04	1,24	0,26	-2,97
	II	1,38	0,75	0,68	0,54	0,26	-3,23
	III	1,57	0,90	0,81	(0,22)	0,26	-3,27
Octobre	I	1,17	1,76	1,58	0,41	0,24	-3,51
	II	1,19	1,64	1,48	0,70	0,22	-3,73
	III	6,86	1,46	1,31	(4,85)	0,598	+0,53

Les chiffres entre parenthèses correspondent au drainage .

Dans ce tableau le déficit ou le drainage moyen au début de la période d'observation est obtenu en prélevant plusieurs échantillons de terre sur le bassin et en déterminant le pourcentage d'humidité ainsi que les caractéristiques : capacité aux champs et point de flétrissement.

La variation de l'humidité du sol est obtenue en faisant la différence entre les précipitations P et l'évapotranspiration E_t. Si P est > E_t il y a drainage. Si P est < E_t il y a déficit.

Le stockage est calculé en faisant la différence entre la valeur du drainage et la valeur du débit. Si le drainage est supérieur au débit, il y a stockage dans le sol. Quand il y a déficit pendant la période considérée le stockage est négatif et égal en valeur absolue au débit. Dans la colonne stockage les valeurs sont cumulées.

A l'aide de ce tableau on peut tracer les courbes données par la photographie ci-jointe. On a indiqué pour chaque période de 10 jours les différentes valeurs du drainage, du déficit, du stockage temporaire, du débit, de l'évaporation et de la pluie.

Pour chaque période de 12 mois consécutifs on déterminera le drainage, la variation du déficit d'humidité dans le sol, et la variation du stockage.

Totaux pour une période de 12 mois		successifs		Drainage calculé en Inches	Variation du déficit d'humidité du sol en Inches	Variation du stockage en Inches
1er jour de		dernier jour de				
Oct. 1957		Sept. 1958				
Nov. "		Oct. "		57,08	-1,98	
Déc. "		Nov. "		54,66	N	-2,09
Janv. 1958		Déc. "		55,16	+0,95	+0,68
Févr. "		Janv. 1959		55,16	+1,87	-0,03
Mars "		Févr. "		51,63	-2,29	-2,63
Avr. "		Mars "		44,20	N	-6,84
Mai "		Avr. "		46,08	N	-1,41
Juin "		Mai "		38,14	N	-1,56
Juil. "		Juin "		33,11	-2,10	-2,63
Août "		Juil. "		28,16	-0,56	-4,12
Sept. "		Août "		30,17	+0,14	-0,18
Oct. "		Sept. "		31,68	+1,95	+0,73
Nov. "		Oct. "		31,68	-0,29	-0,41
Déc. "		Nov. "		33,62	N	+1,54
Janv. 1959		Déc. "		31,51	-1,42	-1,25
Févr. "		Janv. 1960		31,51	-3,86	-0,50
Mars "		Févr. "		31,51	-0,96	-0,45
Avr. "		Mars "		33,43	N	+1,55
Mai "		Avr. "		33,05	N	-0,90
Juin "		Mai "		26,52	N	-3,88
Juil. "		Juin "		28,07	+1,81	-1,84
Août "		Juil. "		28,18	+0,33	+2,19
Sept. "		Août "		26,17	-0,46	-4,18
Oct. "		Sept. "		24,88	+0,97	-4,43
Nov. "		Oct. "		29,73	+2,27	+0,62

La variation de l'humidité est calculée en faisant la différence entre la valeur du déficit au 1er jour de la période considérée (à l'aide des valeurs tous les 10 jours) et la valeur du déficit au dernier jour. Quand il y a drainage le 1er et le dernier jour la variation du déficit est nulle pendant la période.

La variation du stockage est égale à la différence entre le stockage au dernier jour de la période et le stockage le 1er jour de la même période.

Pour les trois années pendant lesquelles les études se sont poursuivies nous avons :

BILAN HYDRIQUE DU BASSIN "C" de 1957 à 1960

Période du :	P	Q	Drainage	Variation humidité du sol	Variation stockage
1.11.57 au 31.10.58	99,13	57,57	57,08	-1,98	
1.11.58 au 31.10.59	77,12	31,22	31,68	-0,29	-0,41
1.11.59 au 31.10.60	77,82	29,07	29,75	+2,27	+0,62

(Hauteurs en Pouces).

A l'aide de ces résultats il est possible de voir pour une année hydrologique (1er Novembre au 31 Octobre sur le Bassin considéré) qu'elle a été la consommation approximative en eau des plantes .

Ainsi, à KIMAKIA, sur les Bassins A et C couverts respectivement de Pins et de Bambous, on a trouvé, après avoir exécuté sur le Bassin A les calculs analogues à ceux que nous avons présentés pour le Bassin C, les résultats suivants :

BASSIN "A" 87 acres - PINS				
Pluie (10 pluviomètres)	Débit (totaux horaires)	Variation humidité	Consommation approximative d'eau	$\frac{E_p}{E_0}$
	<u>1957-58 (Légumes et pins de 18 pouces)</u>			
92	62	+1	29	0,60
	<u>1958-59 (Maïs et pins de 5 à 8 pieds)</u>			
72	36	-1	37	0,69
	<u>1959-60 (Pins Radiata de 12 à 15 pieds)</u>			
74	33	+1	40	0,78

BASSIN "C" 161 acres - Bambous				
Pluie (9 pluviomètres)	Débit (totaux horaires)	Variation humidité	Consommation approximative d'eau	$\frac{E_T}{E_0}$
<u>1957-58 (Bambous de 40 pieds)</u>				
99	58	-2	43	0,88
<u>1958-59 (Bambous de 40 pieds)</u>				
77	31	Nul	46	0,91
<u>1959-60 (Bambous de 40 pieds)</u>				
78	29	+2	47	0,92

La consommation en eau est égale à la différence entre la pluie et le débit augmentée de la variation d'humidité du sol quand elle est négative ou diminuée de cette humidité quand elle est positive.

Cette étude montre que les pins consomment moins d'eau que les bambous et que, d'autre part, la consommation augmente avec la croissance des pins.

Ces résultats sont plus confirmés par la comparaison des valeurs maximales et minimales du débit sur les deux bassins :

	BASSIN A		BASSIN C	
	Max.	Min.	Max.	Min.
1957-58	20,55	1,11	19,10	0,89
1958-59	11,70	1,04	11,31	0,89
1959-60	9,70	0,89	7,75	0,77

(Débits transformés en lames d'eau en pouces sur le Bassin)

Ce tableau montre que les débits maximaux sont très sensiblement les mêmes sur les deux bassins et que les débits minimaux sont supérieurs sur le Bassin A planté de pins.

Cette méthode d'étude a l'avantage de donner très rapidement des éléments de comparaison et de permettre ainsi de prendre des mesures qui s'imposent pour mener à bien les changements d'utilisation du sol.

V - MESURES D'EVAPORATION AU KENYA -

a) Généralités :

Les études d'évaporation sont effectuées à partir d'un réseau importants de stations (plus de 90) équipées de bacs et exploitées soit par le Ministère des Travaux Publics, pour le plus grand nombre, soit par EÁAPRO.

Les bacs utilisés sont les suivants :

- Bac du type "Kenya" rond enterré et isolé du sol ou placé au-dessus du sol -
- Bac Classa A -
- Bac type "Australie" -

Dans les lacs et les rivières il n'y a pas de rayonnement réfléchi par le fond. Dans un bac galvanisé ou peint en blanc une partie des rayons sont réfléchis par le fond et ne sont pas absorbés par l'eau. D'autre part, un fond et des parois claires sont obscurcis petit à petit par les dépôts qui se produisent et la réflexion des rayons n'est pas constante durant la période séparant deux nettoyages successifs.

C'est pour toutes ces raisons que l'intérieur des bacs a été peint en noir.

Tous les bacs sont également protégés par un grillage fin ayant des mailles de 1 pouce de diamètre.

Des mesures ont été faites pour déterminer l'effet de ce grillage sur l'évaporation. Il apparaît que ce grillage ne perturbe pas la phénomène.

Des calculs ont permis d'établir une relation entre l'évaporation mesurée avec différents bacs à plusieurs stations, la radiation nette de PENMAN x_1 et le terme de DALTON x_2 . Ces relations sont de la forme :

$$E = a + b x_1 + c x_2 \quad a \ b \ c \text{ constantes pour chaque bac}$$

Ces relations montrent que le terme x_1 ou le terme x_2 peuvent prédominer suivant la situation des bacs.

A MUGUGA des corrélations par la méthode des moindres carrés ont également été établies entre l'évaporation donnée par la formule de PENMAN et l'évaporation mesurée sur un bac Classe A (E_A) ou un bac enterré et isolé (E_S).

Il a été obtenu pour une période de 600 jours en utilisant les totaux des périodes successives de 10 jours :

$$E_A = 1,52 \quad E_p = 0,78 \quad \text{avec } r = 0,975$$

$$E_S = 1,18 \quad E_p = 0,51 \quad \text{avec } r = 0,975$$

Ces équations montrent que sous les conditions tropicales en altitude élevée la formule de PENMAN donne une bonne valeur de l'évaporation.

b) Calcul rapide de l'évaporation par la formule de PENMAN :

La formule de PENMAN donne l'évaporation d'une nappe d'eau libre :

$$E_0 = \frac{\Delta}{\Delta + 0,27} \left[R_a (1-r) \left(a + b \frac{n}{N} \right) - \sigma T_a^4 (0,56 + 0,09 \sqrt{T_d}) (0,10 + 0,90 \frac{n}{N}) \right] + \frac{0,27 \times 0,35}{\Delta + 0,27} \left(0,5 + \frac{u}{100} \right) (T_a - T_d)$$

a été transformée à la suite de recherches effectuées par GLOVER et MAC CULLOCH (1958) sur la relation d'ANGSTROM liant la radiation R_0 sur une surface horizontale à la surface du sol à la radiation R_a sur une surface horizontale à la limite de l'atmosphère terrestre.

D'après les observations effectuées à KABETE, GLOVER et MAC CULLOCH ont démontré que pour des latitudes comprises entre 0 et 60° on a la relation :

$$\frac{R_0}{R_a} = 0,29 \cos \varphi + 0,52 \frac{n}{N}$$

dans laquelle φ est la latitude en degré.

Le calcul rapide de E_0 est effectué à l'aide de tables donnant directement les différents termes de cette équation.

Pour ce calcul les données suivantes sont nécessaires :

1) - Radiation R_0 en g/cal/cm²/Jour -

Elle est obtenue avec un solarimètre KIPP ou avec un radiomètre Gun Bellani (dans ce dernier cas la distillation en ml est transformée en g/cal/cm²/jour à partir de la courbe d'étalonnage de l'appareil).

S'il n'y a pas de mesures de radiation on peut utiliser les heures d'insolation enregistrées par un appareil Campbell.

2) - Moyenne de la température de l'air -

Obtenue en faisant la moyenne des températures minimales et maximales de la journée.

Ce procédé est rapide et donne des résultats comparables à ceux obtenus en planimétrant les courbes de température journalière.

3) - Moyenne des températures du point de rosée -

Obtenus en faisant la moyenne horaire des humidités pendant la période.

Si cette donnée n'est pas disponible la moyenne des observations à 08h,30 et 16 h peut être utilisée.

Une autre solution consiste à admettre qu'au moment où on enregistre la température minimale de la nuit il y a 100 % d'humidité et à faire la moyenne entre cette valeur et celles observées à 08h,30 et 16 h.

4) - Moyenne de la vitesse du vent -

Mesurée en miles par jour à 6 feet au-dessus du gazon.

A l'aide de ces renseignements l'évaporation est calculée grâce à cinq tables donnant chacune la valeur d'une partie de l'équation de PENMAN :

TABLE A : donne le terme : $\frac{\Delta}{0,27 + \Delta} (1-r)$ avec $r = 5\% \times 10^3$

en fonction de la température moyenne de l'air.

Ces valeurs très petites ont été multipliées par 10^3 . Ceci a été compensé en multipliant les valeurs de la table B par 10^{-3} .

TABLE B : donne la valeur de la radiation totale R_a sur une surface horizontale à la limite de l'atmosphère terrestre en fonction de la période considérée (10 jours ou un mois) et de la latitude. La latitude varie de 60° N à 60° S.

TABLE C : donne $\frac{R_o}{R_a} = 0,29 \cos \varphi + 0,52 \frac{n}{N}$

équation d'ANGSTROM modifiée en fonction de la latitude par GLOVER et MAC CULLOCH (1958) et pour des valeurs données de $\frac{n}{N}$ (n ensoleillement observé en heures, N durée possible d'ensoleillement). Les tables donnent R_a/R_o pour des latitudes comprises entre 0 et 60° .

TABLE D : donne $\frac{\Delta \sigma T_a^4}{0,27 - \Delta} (0,56 - 0,09 \sqrt{\Delta d}) 10^{-1}$

en fonction de la moyenne de la température de l'air T_a et de la température du point de rosée e_d .

TABLE E : donne $(0,10 + 0,90 \frac{n}{N})$

TABLE F : donne $\frac{0,27 \times 0,35}{0,27 + \Delta} (T_a - T_d) 10^{+1}$

en fonction de la température moyenne de l'air T_a et de la température moyenne du point de rosée T_d

$$\text{D'autre part } G = \frac{1}{10} \left(0,5 + \frac{u}{100} \right)$$

ou u est la moyenne journalière de la vitesse du vent.

Le produit $A B C$ représente en inches d'eau par jour le total de l'énergie incidente, de courte longueur d'onde disponible pour l'évaporation de l'eau en prenant un coefficient de réflexion de 5 %.

Le produit $D E$ donne l'énergie de grande longueur d'onde qui est réfléchiée et tient compte de l'humidité moyenne de l'air.

La différence $A B C - D E$ est l'énergie nette disponible pour l'évaporation de l'eau.

Le produit $F G$ représente la contribution du vent et du déficit de saturation dans l'évaporation de l'eau.

Finalement l'évaporation de la nappe d'eau est donnée par $A B C - D E + F G$ en inches par jour.

Si les radiations ont été mesurées le produit $A B C$ est remplacé par le produit $A B'$ dans lequel B' est la radiation mesurée en $g/cal/cm^2/jour 10^{-3}$.

Les tables $A B C D E F$ seront publiées incessamment par le Docteur MAC CULLOCH dans l'East African Journal of Agriculture.

VI - ETALONNAGE DES RADIOMETRES GUN BELLANI -

Toutes les stations météorologiques de EAAPRO et certaines du Ministère des Travaux Publics sont équipées de Radiomètres Gun Bellani. Ces appareils sont installés dans un tube métallique enfoui dans le sol dont le bord supérieur est à 3 cm au-dessus de la surface. La sphère de cuivre noircie se trouve donc à peu près au niveau du sol. Ces appareils sont toujours placés sur des surfaces gazonnées.

L'étalonnage est effectué à MUGUGA à partir des mesures de radiation obtenues avec un solarimètre KIPP enregistreur et possédant un compteur pour totaliser la radiation journalière.

Les Gun Bellani à étalonner sont placés dans le parc Météo et lus tous les jours pendant environ 100 jours.

A l'aide des relevés du Gun Bellani et du Kipp on établit la droite de régression de la distillation en radiation de l'ensemble des points figuratifs, obtenue par la méthode des moindres carrés.

On calcule d'abord la moyenne arithmétique de la distillation et de la radiation ensuite :

- a) la somme des carrés des distillations journalières $\leq D^2$
- b) la somme des carrés des radiations journalières $\leq R^2$
- c) la somme des produits des distillations journalières par les radiations journalières $\leq RD$
- d) le carré de la somme des distillations journalières divisé par le nombre d'observations $\frac{(\leq D)^2}{N}$
- e) le carré de la somme des radiations journalières par le nombre d'observations $\frac{(\leq R)^2}{N}$
- f) le produit du total de la distillation par le total de la radiation divisé par le nombre d'observations $\frac{\leq D \leq R}{N}$
- g) $\leq D^2 - \frac{(\leq D)^2}{N} = A$
- h) $\leq R^2 - \frac{(\leq R)^2}{N} = B$
- i) $\leq RD - \frac{\leq D \leq R}{N} = C$

On calcule ensuite le "Régression Sum Square" qui est le quotient du carré du résultat C divisé par le résultat B

Puis le "Résidual Sum Square" qui est la différence entre le résultat A et le résultat $\frac{C^2}{B}$

Et enfin la "Variance de l'erreur" qui est le rapport entre le "Residual Sum Square" et le degré de liberté de la variance de l'erreur.

A l'aide de ce résultat on détermine le rapport des variances qui est égal au quotient du "Regression Sum Square" par la variance de l'erreur.

On détermine également le coefficient de corrélation dont le carré est égal au rapport du "Regression Sum Square" par le résultat A.

Les relations donnant la distillation en fonction de la radiation ou inversement la radiation en fonction de la distillation sont de la forme :

$$\text{Distillation} = \text{moyenne arith. Dist} + \frac{C}{B} (\text{Rad.} - \text{moyennes des Rad.})$$

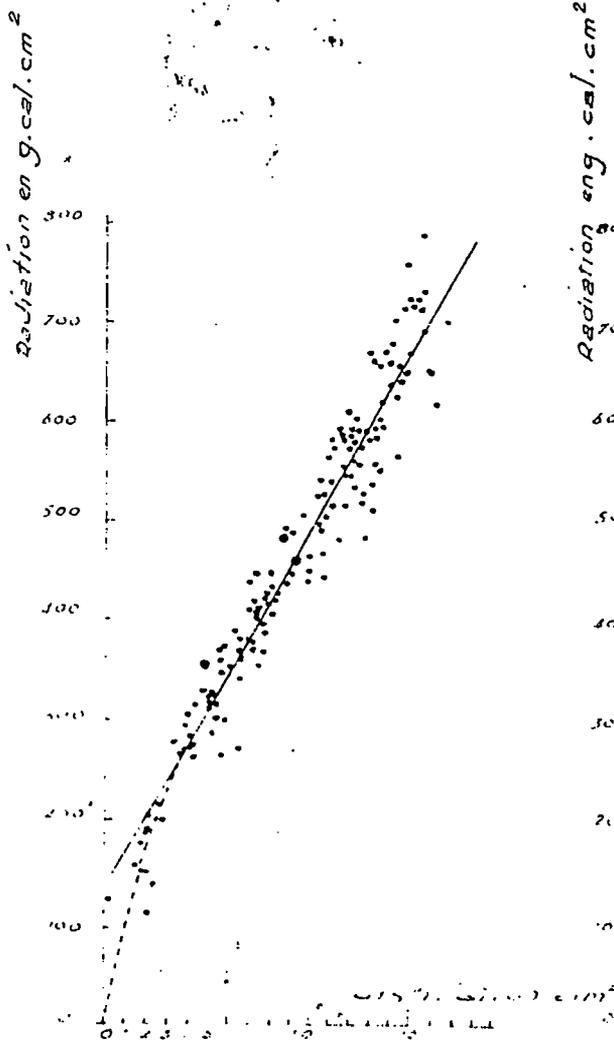
$$\text{Radiation} = \text{moyenne des radiat.} + \frac{C}{A} (\text{Distil.} - \text{moyenne des Dist.})$$

En effectuant les calculs on obtient :

$$R = \frac{C}{A} \text{ Dist} + K$$

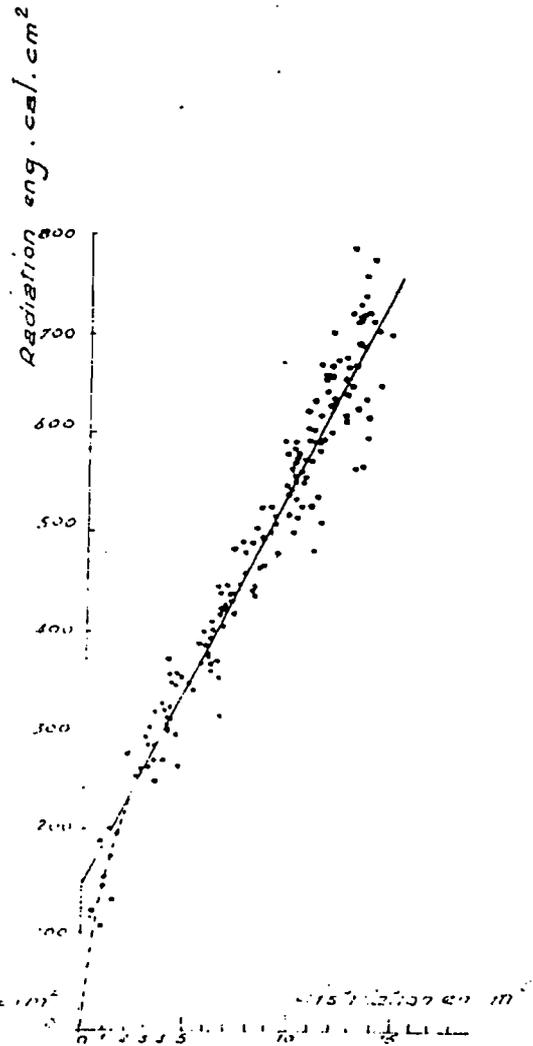
qui est l'équation de la droite de régression des distillations en radiations.

COURBE D'ETALONNAGE GUN BELLANI



modèle sans condenseur

$$Q = 152 + 36D \text{ avec } r = 0,970$$



modèle avec condenseur
en cuivre

$$Q = 155 + 40D \text{ avec } r = 0,975$$

Distillation journalière en m^2 / d'eau Etalonnage
effectuée avec un solarimètre KIPP à l'altitude
de 6.000 pieds par $1^{\circ}15'S$ et $36^{\circ}38'E$.

Le graphique ci-joint donne les courbes obtenues pour un appareil récemment étalonné .

VII - MESURE DE LA CAPACITE AUX CHAMES ET DU POINT DE FLETRISSEMENT -

L'eau est le facteur limitatif du développement agricole et forestier dans la plus grande partie de l'Afrique Orientale .

Dans le but d'utiliser au mieux les quantités d'eau disponibles il est nécessaire de déterminer les caractéristiques physiques des sols afin d'établir la relation entre la croissance des plantes et les réserves d'eau du sol.

La détermination de ces caractéristiques est faite à partir d'échantillons de sol, puis à différentes profondeurs à l'aide d'un appareil dont le croquis est donné sur la figure I.

Il est constitué par un cylindre métallique de quatre pouces de diamètre fermé à une extrémité par une plaque soudée présentant un rebord de 2 cm environ (1). A l'autre extrémité on peut adapter une couronne circulaire taillée en biseau (2). Sur le couvercle est soudé un tube (3) muni d'un manche sur lequel coulisse une masse métallique de 5 kg environ (4). A l'intérieur du cylindre coulisse un piston (5), la face opposée au couvercle est légèrement concave. Un trou de 2 mm environ permet l'évacuation de l'air.

Le piston est utilisé pour rejeter l'échantillon, la manœuvre du piston se fait par l'intermédiaire de la poignée (6) qui coulisse à l'intérieur du manche.

Pour prendre un échantillon, il faut placer à l'intérieur du cylindre une boîte métallique (genre boîte de conserve) sans couvercle rentrant à frottement doux, puis remettre la couronne tranchante (2).

L'appareil est posé sur le sol et enfoncé à l'aide de la masse métallique qui est remontée le long du manche et qui tombe sur le couvercle.

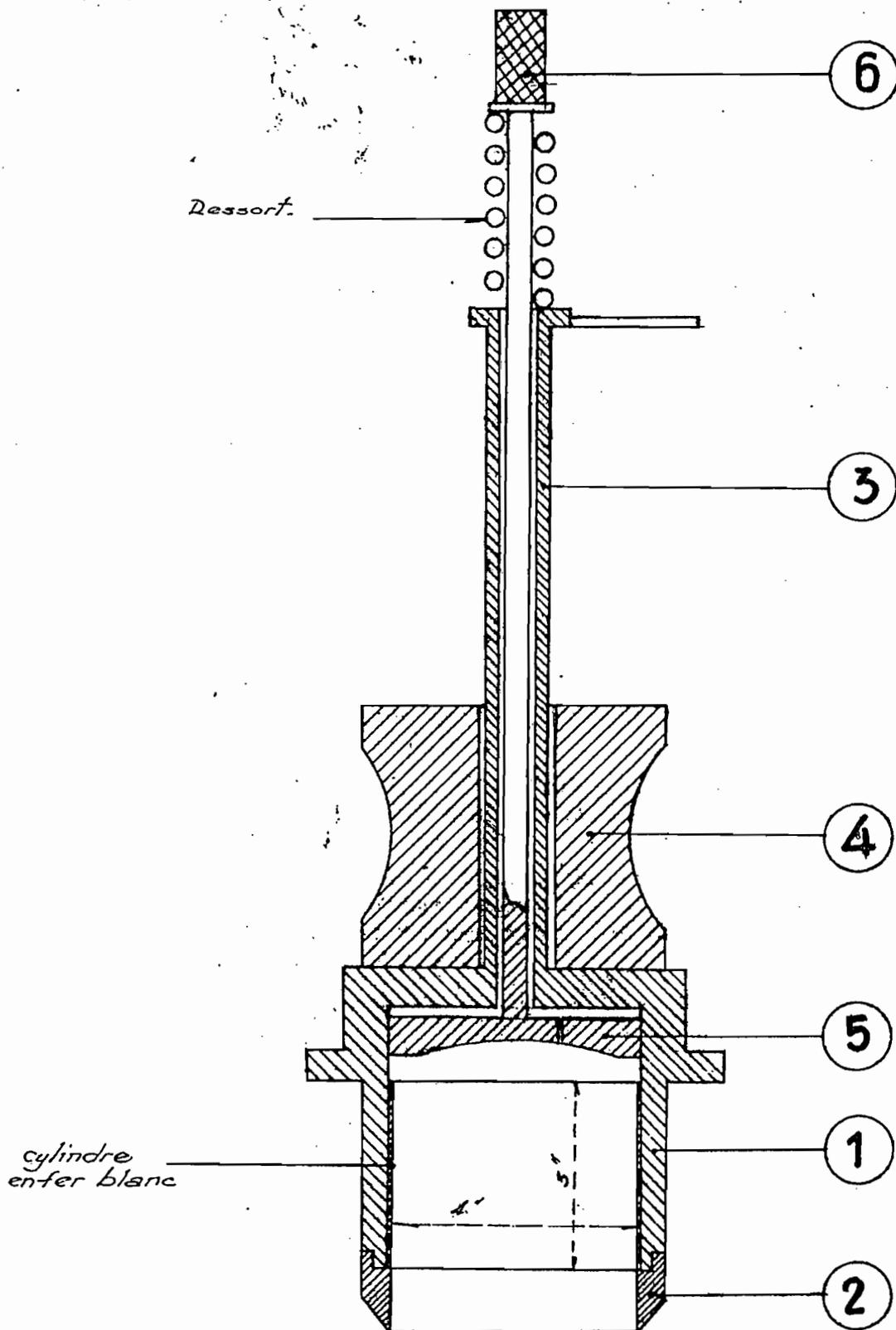
Lorsque le cylindre est enfoncé jusqu'au rebord, on dégage un peu de terre sur un côté et on fait basculer l'appareil. La couronne est retirée et la terre dépassant la boîte taillée soigneusement avec une lame tranchante de façon à obtenir une surface plane. On met un couvercle, on pousse ensuite sur le piston pour dégager l'échantillon. On opère de la même façon sur l'autre face et on met le deuxième couvercle.

Les échantillons ainsi prélevés ont un volume de 575 cm³.

Ces appareils donnent de très bons résultats dans les sols profonds du KENYA où on ne rencontre jamais de pierres.

Les prélèvements complets sont effectués dans des fosses de 10 pieds de profondeur et de 3 pieds de largeur environ dont un côté présente des marches de 1 pied sur 1 pied.

APPAREIL POUR LA PRISE D'ÉCHANTILLONS DE SOL EN PLACE



Nota : Seules les cotes du cylindre en fer blanc sont exactes (4 cm ± 1 mm)

Fig 1 -

Sur chaque marche trois échantillons sont prélevés. Au total on a donc 33 échantillons dans un profil.

Les échantillons portent un repère indiquant leur position dans le sol de façon à ce que les essais de percolation soient faits dans le bon sens.

Avant de procéder aux essais on place sur la face inférieure de l'échantillon un morceau d'étoffe de coton à mailles assez larges destiné à établir un bon contact entre la terre et la table à dépression. Le morceau d'étoffe est maintenu à l'aide d'un anneau de caoutchouc.

a) Saturation de l'échantillon :

On utilise un grand dessiccateur dans lequel on place trois échantillons. L'appareil est mis en dépression à l'aide d'une trompe à eau. On introduit en même temps de l'eau. Le niveau doit monter très lentement de façon à ce que la saturation se fasse très progressivement. A la fin de l'opération qui peut durer vingt minutes la dépression est égale à $1/4$ d'atmosphère environ et le niveau de l'eau se trouve à 1 cm au-dessous de la partie supérieure des échantillons. L'opération est terminée quand il n'y a plus de dégagement de bulles d'air.

b) Détermination de la capacité aux champs :

La capacité aux champs est définie couramment comme étant l'humidité restant dans un sol après qu'il ait été soumis à une dépression de $1/3$ atmosphère.

Cette mesure s'effectue sur des tables à dépression. Deux types de table sont utilisés :

- Les tables à feuilles d'amiante construites d'après les plans de JAMISON et RIED sur lesquelles les échantillons sont soumis à une dépression de 20 cm (drainage rapide des grands vides) -

- Les tables à tuiles de céramique ayant des vides de 0,5 microns et sur lesquelles les échantillons subissent la dépression finale de 330 cm. Ces tuiles sont collées à la plaque support en cuivre à l'aide d'Araldite -

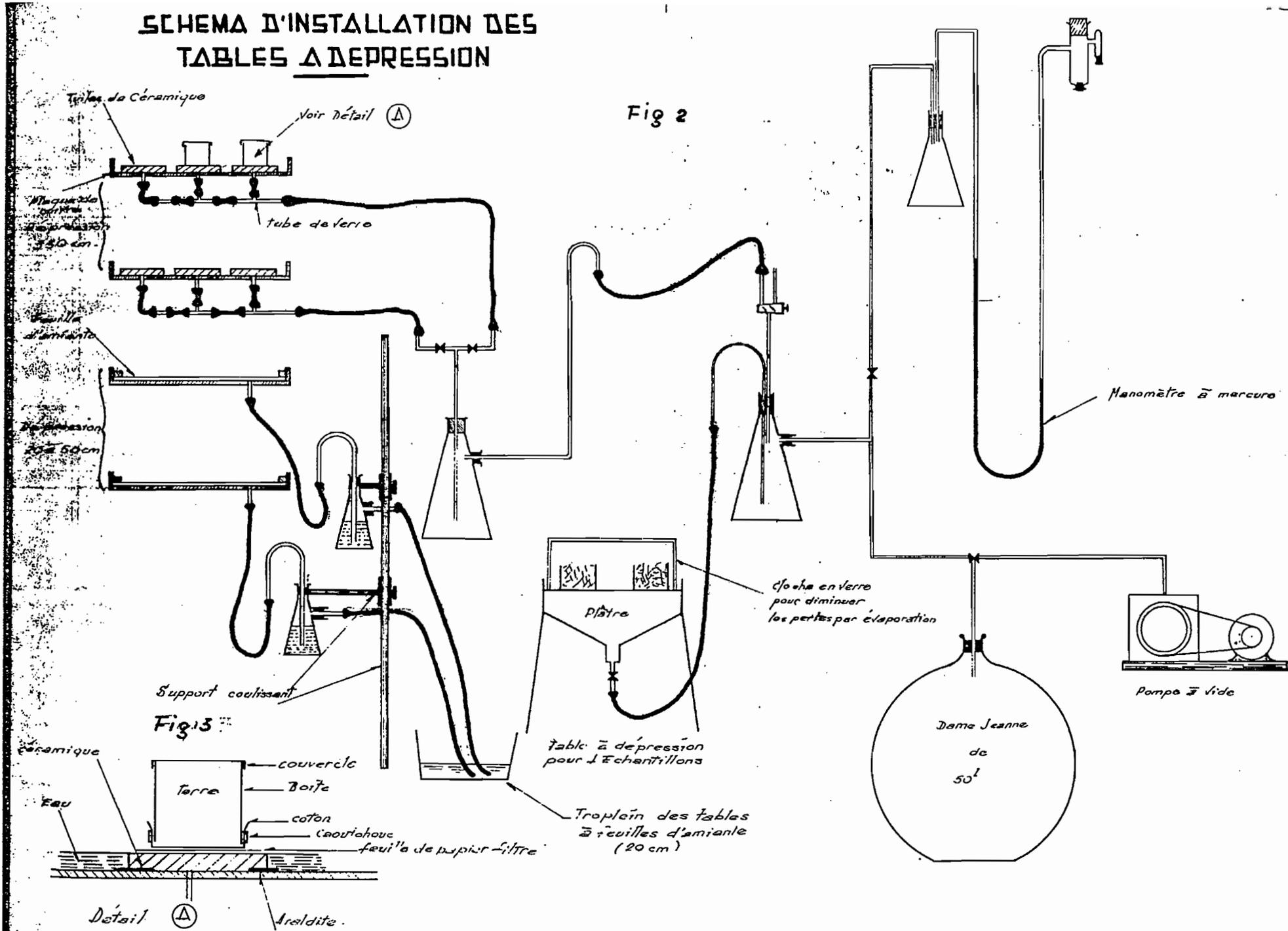
Pour éviter l'évaporation l'ensemble est placé dans une armoire à porte vitrée.

Un schéma de l'ensemble de l'installation est donné sur les figures 2 et 3 .

Avant de procéder aux mesures les tables sont recouvertes d'eau et mises en dépression. Elles sont prêtes à fonctionner lorsqu'il n'y a plus de bulles d'air dans les tuyaux de vidange en verre.

Une feuille de papier filtre imbibée d'eau est toujours placée au-dessus de la feuille d'amiante ou de la tuile de céramique

SCHEMA D'INSTALLATION DES TABLES Δ DEPRESSION



Les échantillons sont d'abord placés sur les feuilles d'amiante avec une dépression de 20 cm. Ils sont pesés au bout de 24 heures, puis de 48 heures et 72 heures jusqu'à ce que le poids soit constant. Ils sont ensuite posés sur les plaques de céramique sous une dépression de 330 cm. Ils sont ensuite pesés. L'opération est arrêtée lorsque le poids demeure constant après chaque période de 24 heures.

L'humidité contenue dans le sol est calculée par différence entre le poids après passage sur les tables et le poids de l'échantillon séché à l'étuve.

c) Percolation :

Après passage sur les tables à dépression l'échantillon est placé sous une charge de 1 cm d'eau maintenue grâce à un siphon à niveau constant (voir figure 4).

On mesure la quantité d'eau qui percole à travers l'échantillon pendant 2 mm jusqu'à ce que la quantité d'eau recueillie soit constante. La vitesse d'infiltration est déterminée en pouces par heure.

d) Stuvage des échantillons :

Le morceau de coton et le caoutchouc sont retirés. On remplace les deux couvercles et les échantillons sont mis en étuve pendant deux ou trois jours. Ils sont pesés puis replacés dans l'étuve pendant vingt quatre heures et repesés ensuite. Si le poids varie de moins de 0,5 % après le second passage cette dernière valeur est adoptée comme poids de l'échantillon sec.

e) Détermination du volume réel :

On place 100 gr de sol pulvérisé dans un flacon de 500 ml rempli avec de l'eau. le flacon est agité pour bien humecter le sol. On remplit à nouveau le flacon. On applique pendant cinq minutes une dépression de 1/4 atmosphère pour retirer l'air et on refait le plein.

Si W_1 est le poids du flacon en grammes

et W_2 le poids du flacon + le sol + eau

on a :

Volume réel de 100 gr de sol = Volume du flacon - $[W_2 - (W_1 + 100)]$

f) Mesure du point de flétrissement :

Le point de flétrissement est donné par la quantité d'eau restant dans le sol après qu'il ait été soumis à une pression de 15 atmosphères.

Cette détermination se fait à partir d'échantillons de faible volume (3 ou 4 cm³) placés sur des plaques de pression dont le schéma est indiqué sur la figure 5.

SCHEMA DE PRINCIPE DE L'APPAREIL UTILISE POUR MESURER LA VITESSE D'INFILTRATION

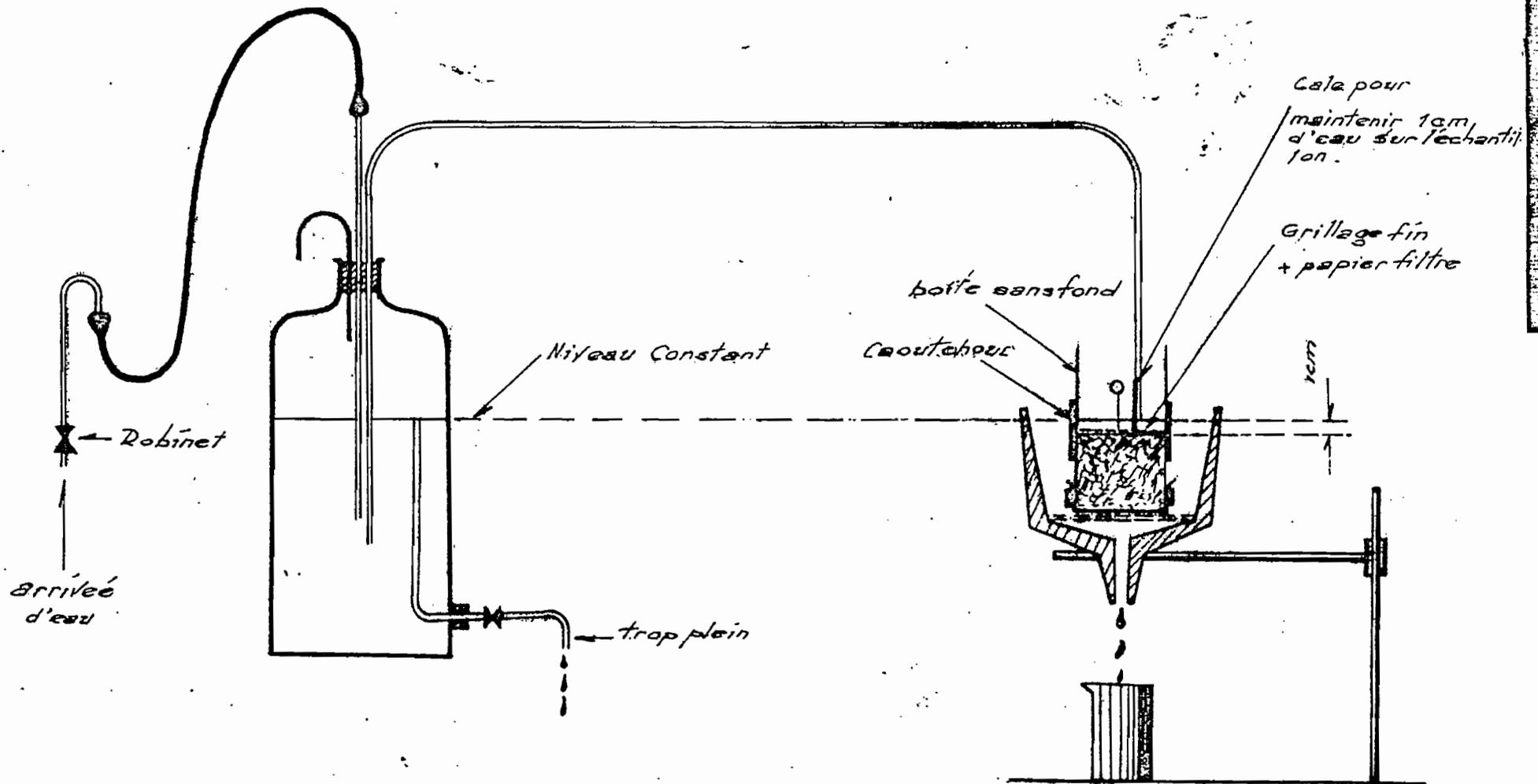
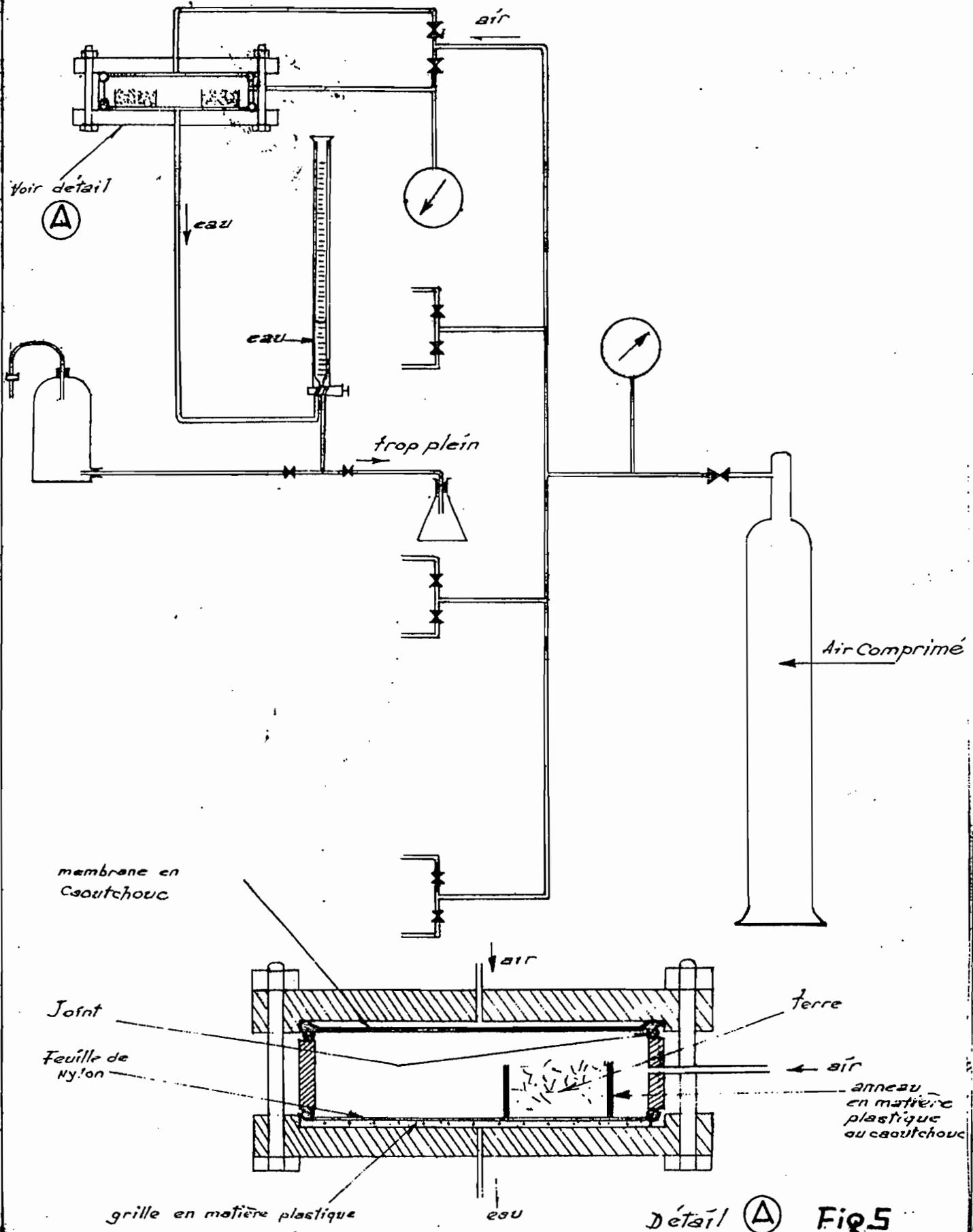


Fig 4

APPAREIL POUR LA MESURE DU POINT DE FLETRISSEMENT



Détail (A) Fig 5

Après avoir été imbibé d'eau les échantillons sont mis sous pression. L'eau qui est rejetée est mesurée dans une éprouvette graduée. La pression est maintenue jusqu'à ce que le volume recueilli soit constant.

Puis les échantillons sont placés dans la boîte et pesés. On les fait sécher pendant 48 heures à l'étuve et on les pèse à nouveau.

On calcule le pourcentage d'humidité restant après passage sous la pression de 15 atmosphères.

VIII - MEURES D'HUMIDITE DU SOL -

Dans les études du Bilan Hydrique d'un bassin-couvert de végétation, il est nécessaire de mesurer la quantité d'eau disponible dans la zone occupée par les racines. Cette détermination est effectuée à partir d'échantillons pris à l'aide d'une tarière. Il est difficile à l'aide de cette méthode d'avoir une idée de la variation d'humidité dans le sol pendant une longue période. Les prises d'échantillons sont faites simultanément avec la mesure de la résistance des blocs de plâtre placés à différentes profondeurs.

Les échantillons sont pris entre 0 et 6 pouces de profondeur puis tous les pieds jusqu'à 10 pieds.

Ils sont pesés par les opérateurs immédiatement après leur extraction du sol. Ils sont expédiés à MCGUGA dans des boîtes métalliques par la poste.

Sur chaque bassin ces prises d'échantillons sont effectuées une fois par mois. Les lectures des blocs de plâtre sont faites deux fois par semaine. En général, prise des échantillons et installations des blocs de plâtre se font en trois endroits du bassin disposés de l'amont vers l'aval.

L'humidité du sol dans le bassin est obtenu en faisant la moyenne des humidités aux trois stations.

A leur arrivée au laboratoire les échantillons sont pesés pour vérifier les chiffres donnés par l'observateur, puis placés pendant 48 heures dans l'étuve. Ils sont ensuite pesés. La différence entre le poids initial et le poids final donne le poids de l'eau contenue.

Le volume d'eau contenu dans le sol est transformé ensuite en pouces d'eau dans une colonne de sol de 1 pied d'après la relation

$$\text{Pouces d'eau en une colonne de 1 pied} = \frac{12\% \text{ humidité entre 0 et 12"}{\text{Volume de 100 g de sol entre 0 et 12"}}$$

sous cette forme l'eau contenue dans le sol peut être comparée plus facilement à la pluie et à l'évaporation.

IX - ETUDE DE L'HUMIDITE DU SOL A L'AIDE DE BLOCS DE PLATRE -

a) Principe :

Nous avons vu que les mesures d'humidité par prélèvement de sol sont très longues et qu'on a préféré utiliser des blocs de plâtre placés à différentes profondeurs. Les indications qu'ils fournissent étant contrôlées par des mesures d'humidité directes.

La résistance entre deux électrodes placées dans un matériau poreux tel que le plâtre dépend de l'humidité contenue dans ce matériau. La Division de Physique de l'BAAPRO a standardisé les blocs cylindriques avec des électrodes coaxiales placées dans du plâtre, préconisés par H.C. PEREIRA.

La mesure de la résistance entre électrodes est réalisée à l'aide d'un ohmètre B.T.L. ayant une graduation en logohms.

L'étalonnage des blocs en laboratoire n'est pas exécuté car il revient cher et n'est pas nécessaire. Toutefois, on peut, dans les conditions climatiques de l'Afrique de l'Est où la saison des pluies est suivie par de longues saisons sèches, obtenir un étalonnage sur le terrain en utilisant les données des prélèvements des échantillons.

Les blocs de plâtre donnent une image de l'humidité du sol dans un profil.

Les blocs sont placés à différentes profondeurs et ils indiquent par leur variation de résistance le déplacement du front humide. Une augmentation d'humidité entraîne une diminution de la résistance.

Au début de la saison sèche, les premiers blocs en surface ont leur résistance qui augmente suivis petit à petit par ceux situés plus profondément. Cela indique la fin du drainage.

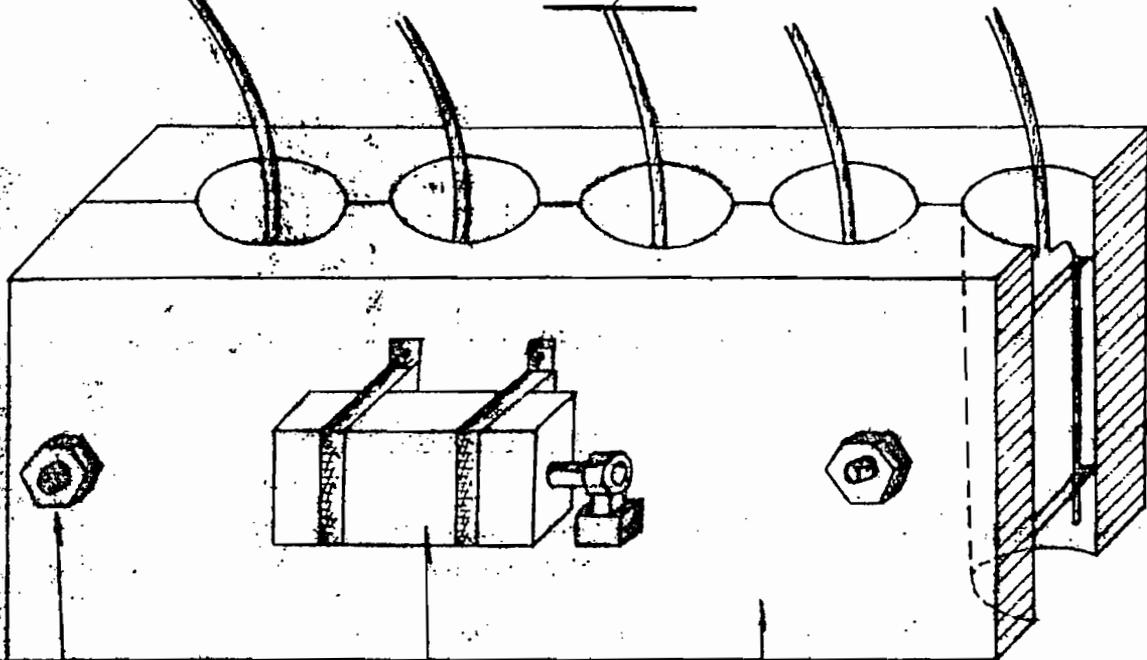
On peut déterminer la résistance du point de flétrissement avec les blocs situés au-dessous de 2 pieds. En effet leur résistance ne varie plus pendant la saison sèche.

En prenant des échantillons de terre au moment où les blocs situés au-dessous de la zone des racines indiquent que le drainage est terminé et à nouveau avant la fin de la saison sèche on peut évaluer l'évapotranspiration de la couverture végétale durant cette période.

Ainsi, les blocs de plâtre indiquent les moments favorables à la prise d'échantillons. Les deux mesures : résistance des blocs et détermination de l'humidité du sol directement à l'aide d'échantillons donnent la variation quantitative de l'humidité du sol durant une période déterminée.

BLOCS DE PLATRE

Vue Schématique du moule



Boulon de serrage

Bloc de bois dur comportant 2 trous

Vue en coupe d'un bloc

Moteur électrique Vibreur



Autre Procédé -

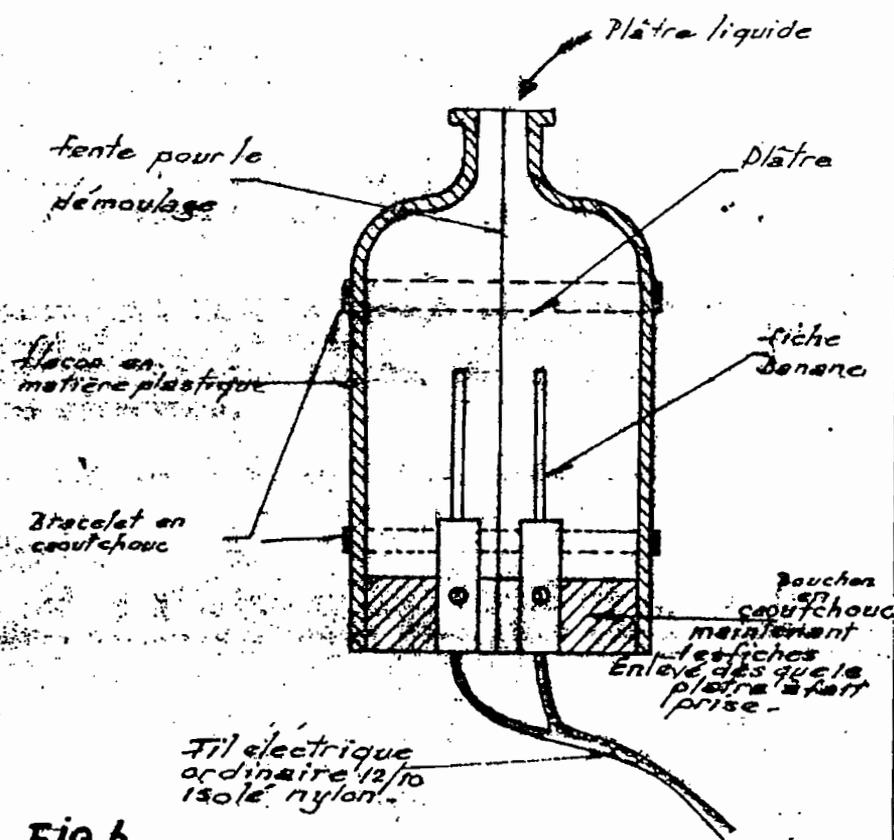


Fig b

b) Fabrication des blocs de plâtre :

Les électrodes sont en fil électrique ordinaire de 12/10, isolé nylon. Les fils sont décapés sur 3 cm et ensuite étamés. Les électrodes sont maintenues à écartement constant à l'aide de deux cales en matière plastique (figure 6).

Les fils sont ensuite disposés dans un moule en bois percé de 12 trous de 90 mm de hauteur et 25 mm de diamètre (fig. 6). Un moteur électrique est fixé au moule et sert de vibreur.

Lorsque les fils sont en place on coule du plâtre obtenu en mélangeant 600 gr de plâtre et 500 gr d'eau et on met en route le moteur.

Après démoulage les blocs sont placés dans un récipient plein d'eau.

On mesure leur résistance pendant quelques jours jusqu'à obtenir une lecture constante.

Un autre procédé utilisé au laboratoire des Services de l'Agriculture consiste à prendre comme moule un flacon en matière plastique sans fond et fendu suivant une génératrice. Les électrodes sont constituées par des fiches bananes maintenues en place par un bouchon en caoutchouc (fig. 6).

c) Installation des blocs sur le terrain :

Avant d'installer les blocs on détermine par la méthode du "root washing" la profondeur des racines. Dans la plupart des cas les blocs sont placés à 1 pied d'intervalle jusqu'à une profondeur de 10 pieds.

Les blocs sont installés à la profondeur voulue à l'aide d'une tarière. On verse dans le trou environ 500 ml d'eau qui s'infiltrent.

Le bloc de plâtre est d'abord mis dans un seau pendant cinq minutes jusqu'à ce qu'il soit saturé. On mesure sa résistance à l'ohmètre.

Le bloc est introduit dans le trou à la profondeur désirée on mesure à nouveau la résistance. Le trou est rebouché et la terre tassée pour éviter l'infiltration plus rapide. Une dernière vérification de la résistance est effectuée.

Les blocs sont placés dans des trous différents .

d) Lectures :

Les blocs de plâtre atteignent leur équilibre après 10 jours environ. Les lectures se font ensuite deux fois par semaine.

Les valeurs trouvées sont portées sur un graphique avec les précipitations et les dates de prises d'échantillons destinées à la détermination quantitative de l'humidité du sol.

CONCLUSION :

Ce séjour nous a permis d'étudier les méthodes utilisées pour l'exploitation intensive de Bassins Versants Expérimentaux. Elle demande des moyens relativement importants et un personnel nombreux pour effectuer les dépouillements au jour le jour. A Madagascar sur les bassins que nous étudions actuellement nous pourrions essayer d'appliquer à plus petite échelle certains des procédés que nous avons examinés dans le présent rapport.

En terminant, nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements au personnel de l'EAAFRD et plus particulièrement à son Directeur le Docteur RUBIEL, aux Docteurs PEREIRA, ZAC CULOGH et à M. HOSGOOD qui, malgré ma connaissance assez imparfaite de l'anglais m'ont toujours donné les renseignements et les explications dont j'avais besoin. Nous avons été très touchés par leur amicale courtoisie.

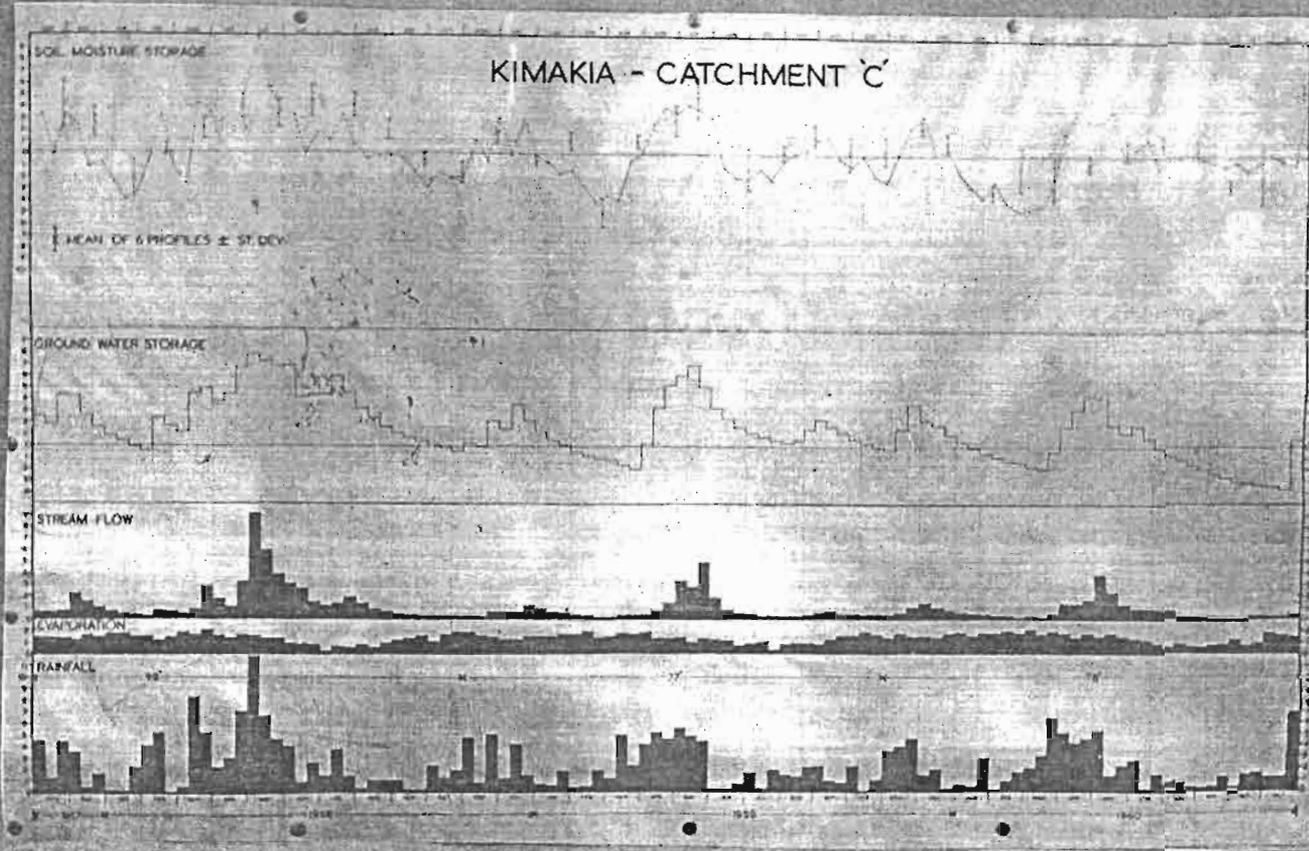
Les derniers remerciements vont à la FAMA qui a eu l'initiative de ce stage et qui m'a ainsi permis d'effectuer un séjour très intéressant et très instructif.-

Tananarive, le 9 Juin 1961

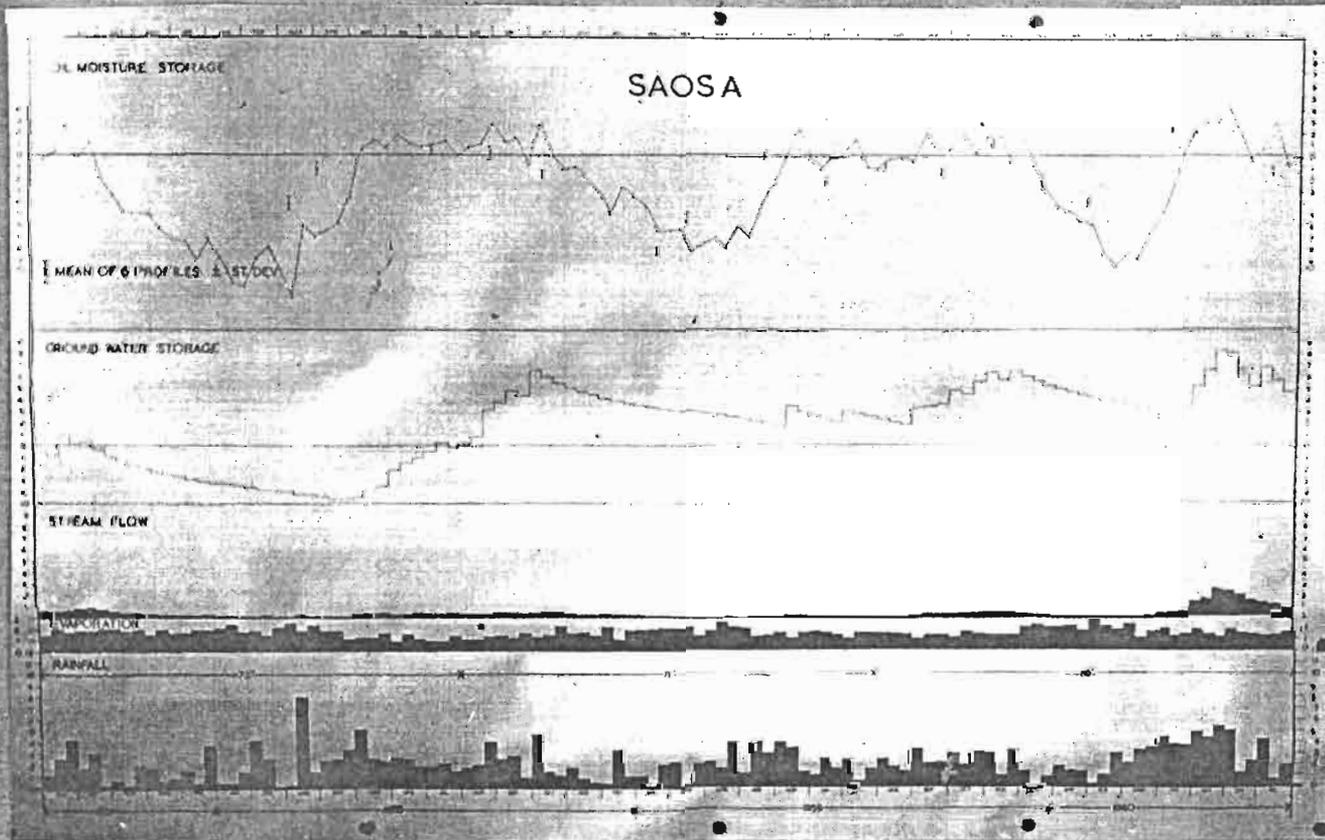
M. ALBERGARI,

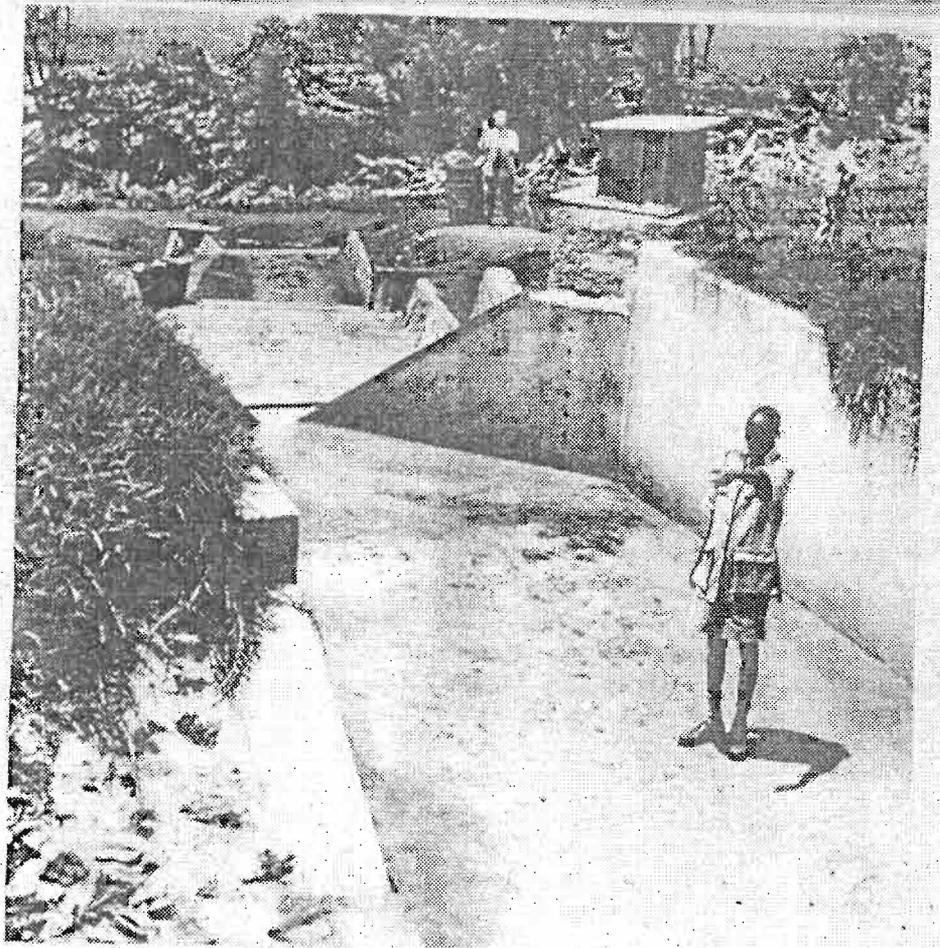
B I B L I O G R A P H I E

- E.A.H.C. - E.A.A.F.R.O. - Annual Report 1956, 1957, 1958, 1959 -
- AN INTENSIVE METHOD OF CATCHMENT-BASIN STUDY par H.C. PEREIRA, M. DAGG et P.H. HOSEGOOD - 1961 - Inter African Conférence of Hydrology C.C.T.A. -
- THE RELATIONSHIP BETWEEN DISTILLATION BY THE GUNN BELLANI RADIOMETER AND HOURS OF BRIGHT SUNSHINE par J.S.G. Mac CULLOCH - Inter African Conférence Hydrology C.C.T.A. -
- THE PENMAN EQUATION FOR ESTIMATION OF OPEN WATER EVAPORATION AND TRANSPIRATION par J.S.G. Mac CULLOCH - Inter African Conférence of Hydrology 1961 -
- FIELD AND LABORATORY TECHNIQUES CURRENTLY EMPLOYED IN THE PHYSICS DIVISION E.A.A.F.R.O. par P.H. HOSEGOOD -
- PROGRESS REPORTS ON EAST AFRICAN CATCHMENT AND RESEARCH n° 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 .

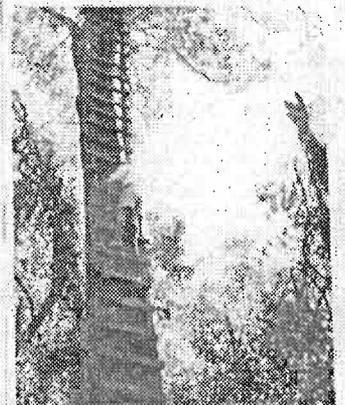
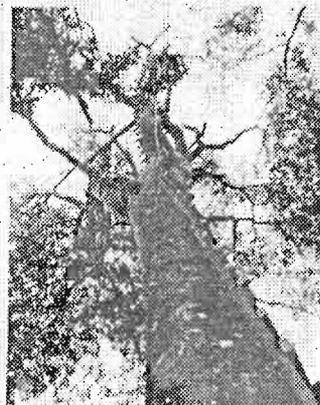
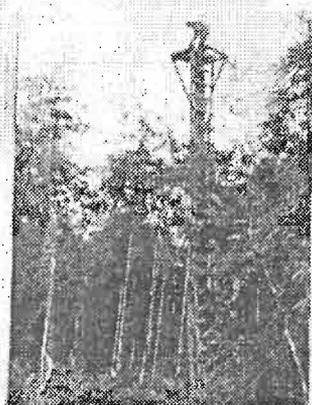


LOURBES ANNUELLES



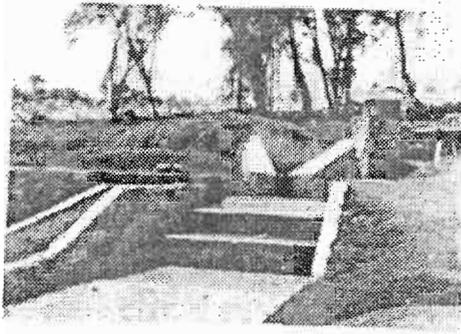


Deversoir #1



*Deversoirs à mince paroi
et pluviomètres sur plate formes*

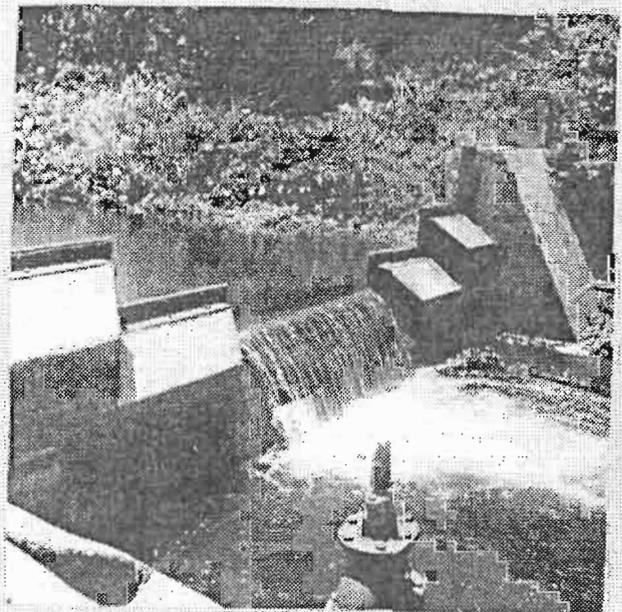
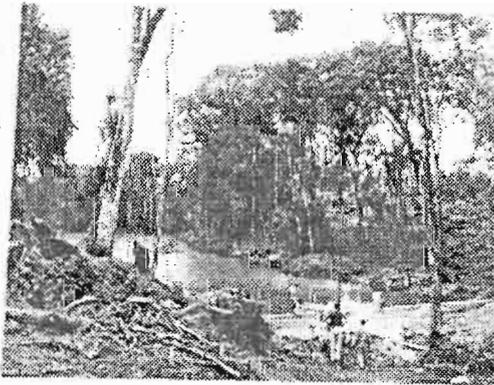
Déversoir
71.2



Remplacement
de la forêt naturelle
par du thé



Déversoir



Déversoir à paroi mince

1



2



3



4



5



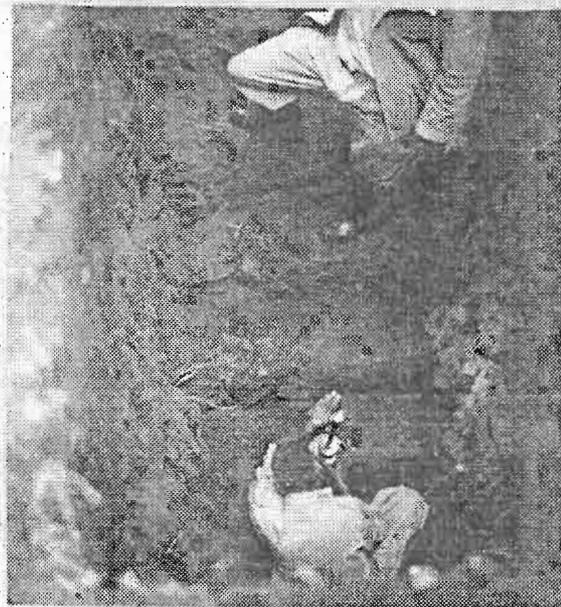
*Prélèvement échantillons
de sol en place*

- ① *vue de l'appareil*
- ② *Mise en place de la boîte*
- ③ *Appareil en position pour le prélèvement*
- ④ *Fin de l'opération*
- ⑤ *la couronne est enlevée pour trancher l'échantillon*

1



2



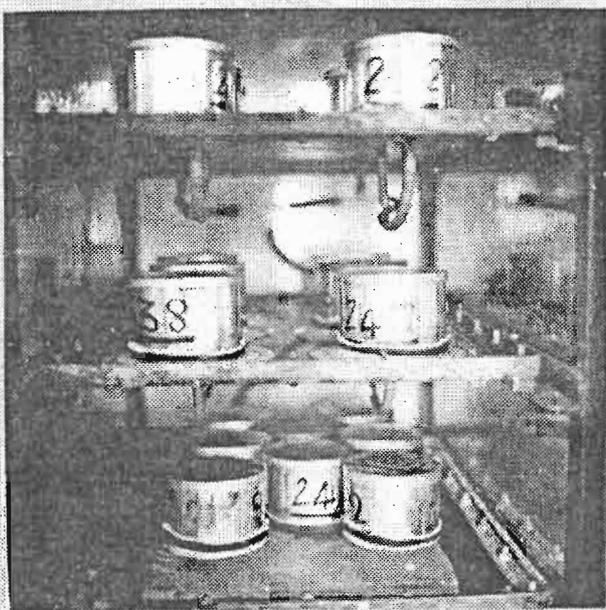
3



4

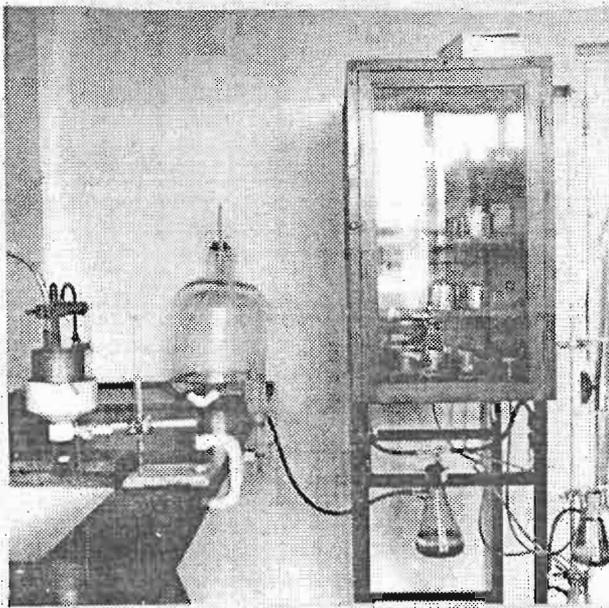


5

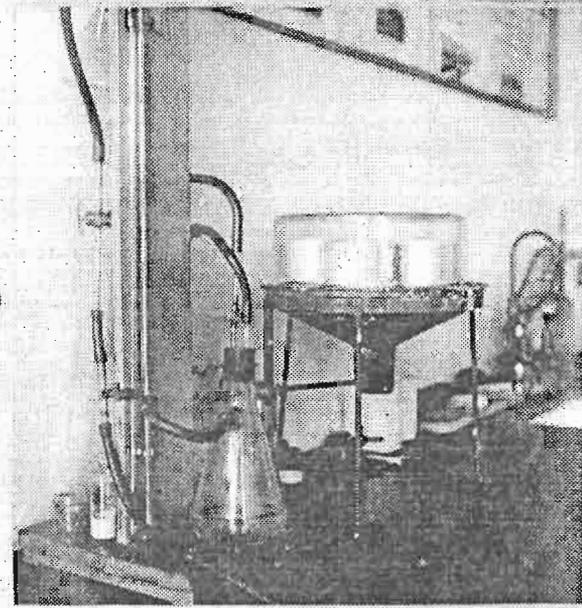


- ① Extraction de l'échantillon à l'aide du piston.
- ② Prise d'échantillons sur les Bassins Versés.
- ③ Préparations échantillons.
- ④ saturation sous dépression de $1/4$ atmosphère.
- ⑤ Échantillons sur les tables à dépression.

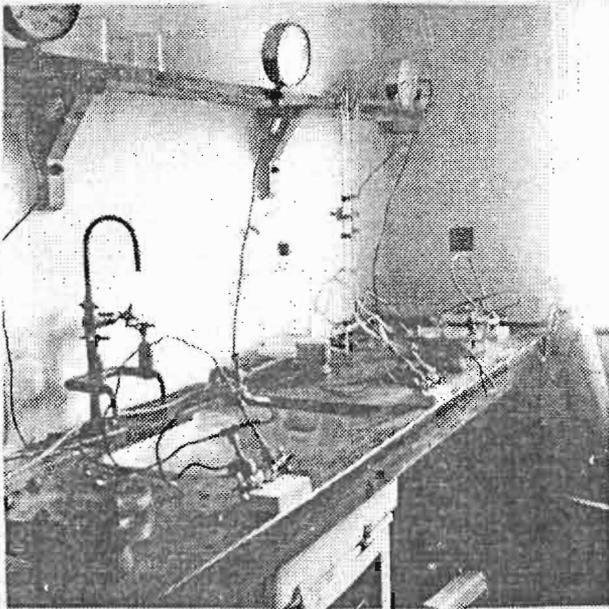
1



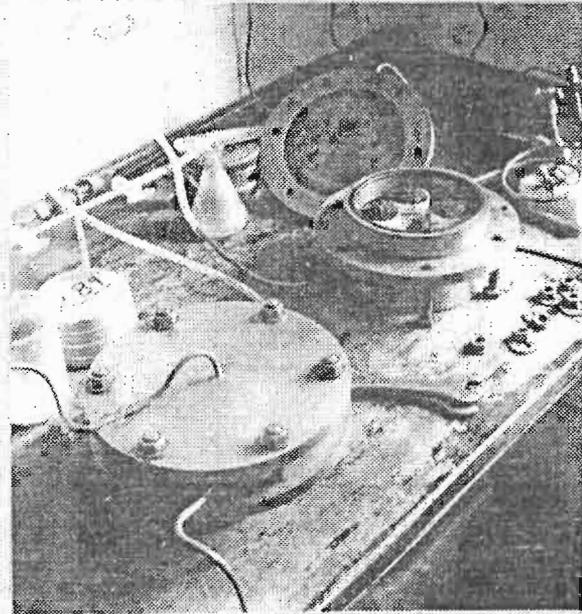
2



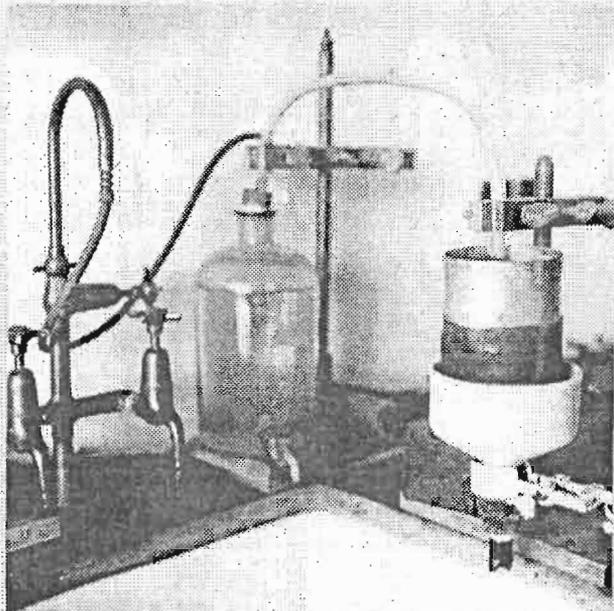
3



4

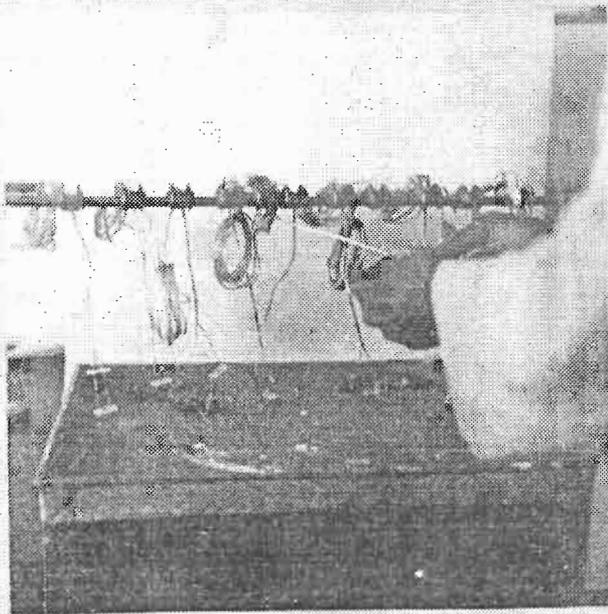


5

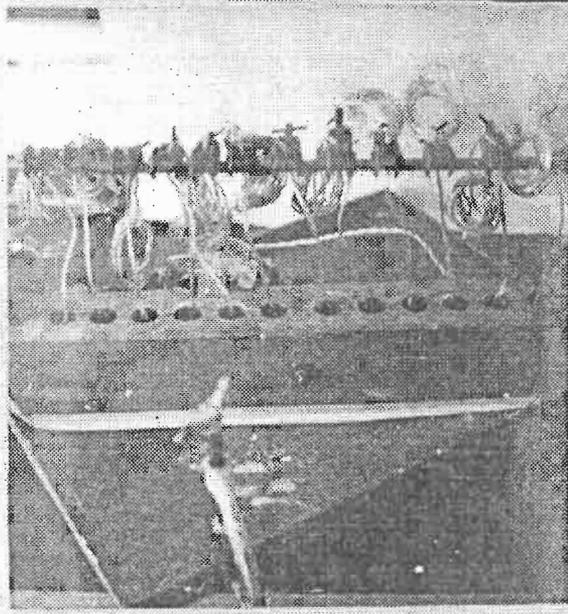


- ① Vue de la table à depression
- ② Manomètre et petite Table à depression -
- ③ Appareillage pour mesure de point de flétrissement
- ④ Détails des plaques de press
- ⑤ Mesure de la vitesse d'infiltration

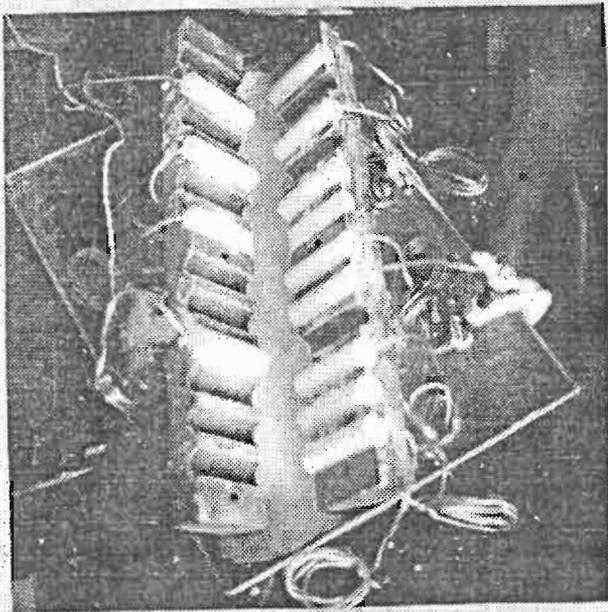
1



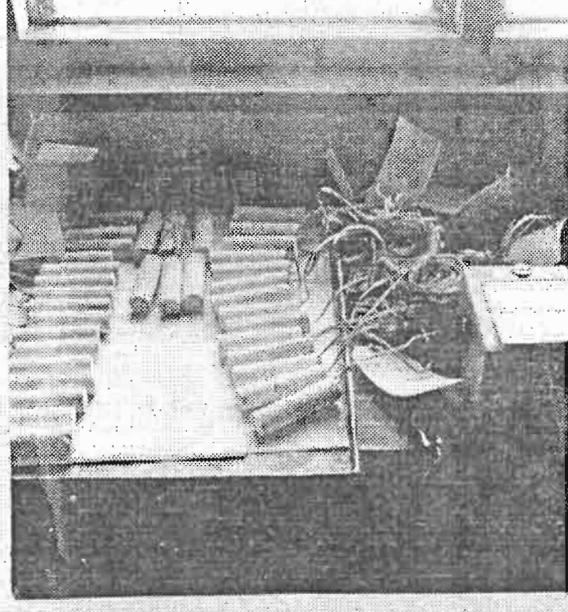
2



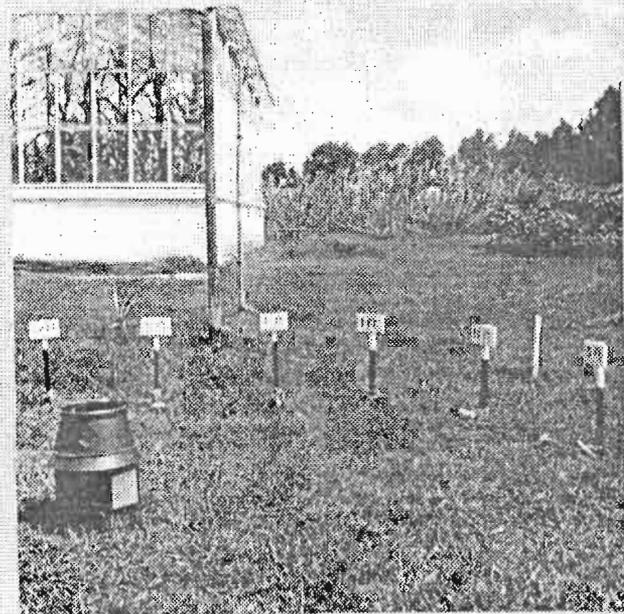
3



4



5



Fabrications blocs de plâtre

- ① Préparations des électrode
- ② Mise en place dans le moule
- ③ Démoulage
- ④ Après avoir été étalonnés dans l'eau les blocs sont laissés à l'air
- ⑤ Mesures d'humidite sur un terrain expérimental à Hoge

Aldegheri Marius

Bassin versant expérimentaux en Afrique orientale
britannique : rapport de mission

Paris : ORSTOM, 1965, 32 p. multigr.