

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'APPAUVRISSMENT DE QUELQUES
SOLS FERRALLITIQUES ET FERRUGINEUX TROPICAUX. SITUES EN-
TRE ABIDJAN ET OUAGADOUGOU PAR L'UTILISATION DE METHODES
EXPERIMENTALES DE TERRAIN

par
ROOSE (E.J.) *
Maître de Recherches

R E S U M E

L'auteur expose les lignes directrices de réflexion qui se dégagent des résultats d'un réseau de huit stations de mesure expérimentale de l'érosion, du ruissellement et du drainage oblique et vertical sous végétation naturelle ou cultivée, sur divers types de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux.

Il en ressort que, sur les types de sols ferrallitiques étudiés, la lixiviation des bases et le lessivage vertical des colloïdes sont les évolutions dominantes.

L'érosion ne devient importante que si la couverture végétale est dégradée (culture). Par contre sur les sols ferrugineux étudiés, l'appauvrissement en colloïdes des horizons supérieurs est imputable principalement à l'érosion en nappe très sélective vis-à-vis des particules fines (pentes inférieures à 1 %) et secondairement au lessivage par le drainage qui reste peu abondant (mouvement lent des eaux sous tension).

L'auteur propose un nouveau schéma pour expliquer les phénomènes de lessivage des colloïdes tels qu'ils apparaissent dans les sols tropicaux étudiés.

CHAPITRE 1. - INTRODUCTION

Depuis 1964, le thème central de notre programme de recherche en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta a été d'établir l'importance relative des processus susceptibles d'entraîner l'appauvrissement en particules fines des horizons supérieurs d'un certain nombre de sols tropicaux.

En effet, contrairement aux sols lessivés classiques observés en région tempérée, il est souvent difficile de distinguer de façon indiscutable la succession logique des horizons A lessivés et B enrichis en colloïdes par rapport au matériau originel C. Nous parlerons donc d'appauvrissement en colloïdes organiques ou minéraux pour distinguer les phénomènes très généralement observés en régions tropicales humides et sèches des processus de lessivage bien définis dans les régions tempérées.

Notre étude a été étendue à huit stations écologiques dont six en zone ferrallitique et deux sur des sols ferrugineux tropicaux près de Ouagadougou (1).

CHAPITRE 2. - HYPOTHESS DE TRAVAIL ET METHODES

Quatre processus fondamentaux ont été suspectés d'agir sur la dynamique actuelle des colloïdes avec une efficacité relative variable d'une station écologique à une autre.

1. L'érosion sélective des particules fines à la surface du sol avec transmission en profondeur de l'appauvrissement par les agents d'homogénéisation du sol (vers de terre, termites, etc...).

L'analyse des particules transportées par les eaux de ruissellement (suspensions fines et terres de fond = agrégats tractés) permet de comparer la granulométrie des sols en place avec celle des terres érodées au bas d'une parcelle d'érosion de type classique (voir FOURNIER 1954, ROOSE 1971.).

2. Le lessivage oblique des particules fines depuis un horizon A appauvri d'un profil situé en haut d'un versant jusqu'à un horizon B situé en contre bas dans la toposéquence.

La méthode des cases de lessivage oblique (=ERLO) a été mise au point à Adiopodoumé puis étendue à tout le réseau d'observation (voir ROOSE, 1968).

3. L'entraînement des particules fines de l'horizon superficiel par les eaux de drainage vertical peut s'effectuer avec ou sans dépôt diffus dans les horizons intermédiaires jusqu'à la nappe phréatique puis se poursuivre par le réseau hydrographique.

La méthode des cases de drainage vertical (=DV) a récemment été étendue à tout le réseau (voir ROOSE et HENRY des TUREAUX, 1970).

4. Enfin, la destruction des argiles pourrait se produire préférentiellement à certains horizons pédologiques étant données les conditions naturelles qui y règnent : énergie cinétique des eaux de pluie, acidité, matières organiques, vie microbienne intense, drainage abondant, fortes variations de température, etc...

(1) - Voir en annexe le relevé de l'ensemble des dispositifs.

Les teneurs des principaux éléments constituant l'argile (silice, alumine, fer) sont connues par l'analyse des eaux qui traversent ce milieu (cases ERLO et DV).

Les techniques utilisées pour étudier ces quatre processus ont déjà fait l'objet de publications mais il est bon d'en dégager la philosophie et les limites.

1. Ces méthodes visent l'observation et l'analyse de tous les éléments qui sortent d'une parcelle établie sur un seul type de sol. L'observation de l'évolution d'un sol directement au niveau de la parcelle demanderait pratiquement la destruction de cette parcelle vu le grand nombre d'échantillons à prélever pour représenter valablement le sol à différentes époques. De plus, en dehors des variations saisonnières, l'évolution des qualités physiques et chimiques d'un sol prend souvent quinze ans (voir CHARREAU et FAUCK, MOUREAUX et THOMANN, 1969 : influence de la mécanisation sur les sols de Casamance) sinon des siècles. L'analyse fine des transports actuels (intégration de toutes les hétérogénéités comprises sur une parcelle de 250 m²) permet donc de gagner un temps considérable puisque les grandes lignes de l'évolution actuelle peuvent être dessinées en 4 à 8 ans (variations climatiques).
2. Ces méthodes permettent non seulement l'établissement de bilans hydriques mais aussi de recueillir les eaux, d'en analyser les qualités et donc de dresser des schémas de bilans chimiques.
3. Nos méthodes visent à perturber le moins possible la structure du sol en place. En effet on sait (FEODOROFF, 1964; POURRUT, 1970 MARCESSE, 1967; DANCETTE, 1970; ROOSE, 1970) que le cheminement des eaux à travers un sol se fait à grande vitesse dans les macroporosités puis à petite vitesse dans les microporosités. Il est donc fondamental de respecter le cheminement naturel des eaux à travers l'architecture complexe des porosités du sol si l'on veut avoir une image fidèle des transports solubles et surtout des solides. D'où le rejet de la méthode des lysimètres dit "remaniés" même si le sol est reconstitué avec soin.
4. L'eau est considérée comme l'agent de transport par excellence : elle reflète donc bien l'évolution du sol en place. Tout comme le médecin s'appuie sur les analyses de sang et d'urine pour suivre l'état physiologique de son malade, nous analysons les eaux pour qu'elles nous révèlent le sens de l'évolution actuelle des sols.
5. La plupart des observations ainsi que les analyses ne portent que sur l'eau libre circulant dans le sol. En effet la méthode des cases ERLO et DV (comme d'ailleurs tous les lysimètres) comporte un contact sol/tôle que seules les eaux libres sont susceptibles de franchir. Or, le Professeur D'HOORE de l'Université de Louvain, a démontré que l'eau sous tension peut véhiculer non seulement des solubles (formation de croûte en zone sahélienne) mais également des solides (colloïdes extrêmement fins). Il a même mis au point des tests (D'HOORE, 1970-1971) mettant en évidence les horizons où ces migrations sont susceptibles de se produire (horizons A des sols lessivés tempérés). Remarquons cependant que l'existence de croûtes argileuses semblables aux croûtes calcaires sont à notre connaissance beaucoup moins répandues que ces dernières.

Par hypothèse, nous considérons donc, qu'en première approximation et dans la zone tropicale que nous étudions où les précipitations sont de l'ordre de 850 à 2100 mm par an, les mouvements des solides par les eaux sous

tension (descente limitée du front d'humectation et remontées capillaires) sont beaucoup moins importants que les transports solides effectués par les eaux libres. Les phénomènes de drainage, de lixiviation et d'appauvrissement prédominent ceux liés à l'évapotranspiration dans cette zone. En effet la capacité de transport des eaux libres qui y circulent en abondance est nettement supérieure en quantité (poids des particules) et en qualité (taille des particules) à celle des eaux liées sous tension du fait de la faiblesse relative de la vitesse de circulation de cette dernière; l'énergie cinétique des eaux liées étant réduite, elle ne permet pas d'arrachement donc pas d'érosion interne mais seulement la translocation des particules les plus fines en voie de migration (= en transit).

6. Enfin il n'est pas inutile de souligner que nos méthodes sont limitées à l'étude de certains phénomènes actuels de la pédogenèse. Elles permettent d'évaluer en un même point l'importance relative de plusieurs processus pédogénétiques mais uniquement ceux qui sont encore actifs actuellement. On sera donc tenté d'accorder plus d'importance aux processus qui sont reconnus actuellement actifs par rapport à l'ensemble des processus qui ont pu se manifester dans l'histoire ancienne des sols.

CHAPITRE 3 - LES RESULTATS

Il n'est pas possible de présenter dans cette courte note tous les résultats obtenus sur l'ensemble du réseau d'observation étant donné qu'une bonne partie reste à dépouiller et que le reste a déjà été présenté dans de nombreuses publications définitives ou le plus souvent sous forme de rapport de campagne (voir liste bibliographique en annexe). Nous nous bornerons à résumer les lignes directrices qui se dégagent de l'état actuel d'avancement de nos travaux.

Disons pour commencer que les quatre processus étudiés se rencontrent en chacun des sites écologiques étudiés mais avec des intensités relatives et absolues très variables.

3.1. L'érosion sélective

En moyenne et basse Côte d'Ivoire précipitations supérieures à 1600 mm (voir ROOSE, 1968; ROOSE et coll., 1970; ROOSE, GODEFROY, 1966; ROOSE, JADIN, nov. 1969), les résultats montrent que les terres érodées sont 1,2 à 4,1 fois plus riches en argile que l'horizon superficiel des sols ferrallitiques étudiés (horizon 0-10 cm).

En zone tropicale sèche, près de Ouagadougou on obtient (ROOSE et BIROT, ROOSE et coll., 1969) une sélectivité encore beaucoup plus élevée puisque 70 à 90 % des terres érodées sont constituées d'argile tandis qu'on en trouve moins de 8 à 12 % dans l'horizon superficiel des sols ferrugineux à pentes faibles (p = moins de 1 %).

En résumé plus le ruissellement a une énergie cinétique faible plus l'érosion est sélective vis-à-vis des particules fines puisque sa compétence (= diamètre des plus grosses particules transportées) est fonction de sa vitesse d'écoulement. Par conséquent, la sélectivité de l'érosion est forte lorsque le couvert végétal est dense (cas des forêts tropicales humides) ou que la pente est faible (cas des sols ferrugineux de la zone tropicale sèche de l'Afrique de l'Ouest).

La sélectivité de l'érosion s'adresse généralement aux particules de moins de 20 microns (argile + limons fins) et dans certains cas jusqu'à 50 microns (limons grossiers; silt).

L'activité de cette érosion sélective se traduit par la formation d'un mulch sableux en surface (peut s'observer après une forte pluie sur un champ labouré) et serait rapidement limitée sans l'intervention d'un agent d'homogénéisation (l'homme, les vers de terre, les termites, etc...) qui ramène sans cesse en surface des fractions plus riches en éléments fins.

3.2. Lessivage oblique et destruction des argiles

Dans chacun de nos dispositifs nous avons recueilli des échantillons d'eau de drainage oblique qu'on ne peut confondre avec des suintements (plusieurs litres à plusieurs dizaines de litres en 24 heures sur 2 mètres de front). Le drainage oblique est donc réellement présent dans tous les sols étudiés mais l'observation d'eau giclant de quelques macropores dans une tranchée lors d'une forte averse a souvent trompé le pédologue quand à l'importance des mouvements obliques de l'eau dans l'évolution actuelle des sols. En effet si on compare la masse des eaux de drainage oblique avec le bilan hydrique à l'échelle d'une pluie on constate qu'elle dépasse rarement 1 à 2 %; à l'échelle de l'année le drainage oblique tombe à moins de 0,5 % du bilan hydrique. Jusqu'ici le drainage oblique diminue en même temps que les précipitations annuelles ou encore depuis la zone des sols ferrallitiques fortement désaturés jusqu'à celle des sols ferrugineux.

Trois circonstances favorisent l'existence de drainage obliques :

- 1 un régime climatique comportant des pluies intenses et de longue durée tombant sur un sol déjà détrempe;
- 2 un sol comportant un horizon superficiel très filtrant (verticalement et horizontalement) et un horizon très peu perméable (forte discontinuité) à une profondeur importante;
- 3 une pente relativement forte.

Dans les sols étudiés le lessivage oblique n'est pas le moteur de la pédogenèse actuelle. En effet les sols ferrallitiques sont très poreux jusqu'à trop grande profondeur (dominance du drainage vertical) tandis que les sols ferrugineux sont peu perméables dès la surface (dominance du ruissellement et de l'érosion en nappe). Nous n'avons pas encore eu l'occasion d'effectuer nos mesures dans les circonstances les plus favorables, (les planosols par exemple).

L'aspect qualitatif de notre étude du lessivage oblique semble par contre beaucoup plus intéressante car en combinant un bilan hydrique avec l'évolution de la qualité des eaux (solubles et pseudo-solubles) au cours de l'année on peut esquisser un schéma de bilan chimique du sol.

C'est ainsi que'on a pu établir un bilan des pertes en éléments fertilisants sous une bananeraie irriguée et fumée de basse Côte d'Ivoire (GODEFROY, MULLER, ROOSE, 1971) et montrer que les eaux de drainage et de ruissellement exportaient jusqu'à 70-80 % du calcium et du magnésium apportés en une fois sous forme de dolomie, 50 à 60 % de l'azote et de la potasse apportés en dix doses et seulement 7 % du phosphore.

La destruction des réseaux argileux peut être contrôlée par les teneurs des eaux en ses principaux constituants. Les teneurs observées sur nos essais varient de 1 à 20 p.p.m. de SiO_2 et de 0,1 à 1,5 p.p.m. de Al_2O_3 et Fe_2O_3 . Les bases et l'azote migrent principalement sous forme soluble, les sesquioxydes de phosphore, de fer et d'alumine sous forme solide et la silice et le carbone migrent sous les deux formes. On peut déduire des faibles teneurs en alumine et fer par rapport à la silice que le réseau argileux n'est que très faiblement détruit : par conséquent l'argile migre principalement

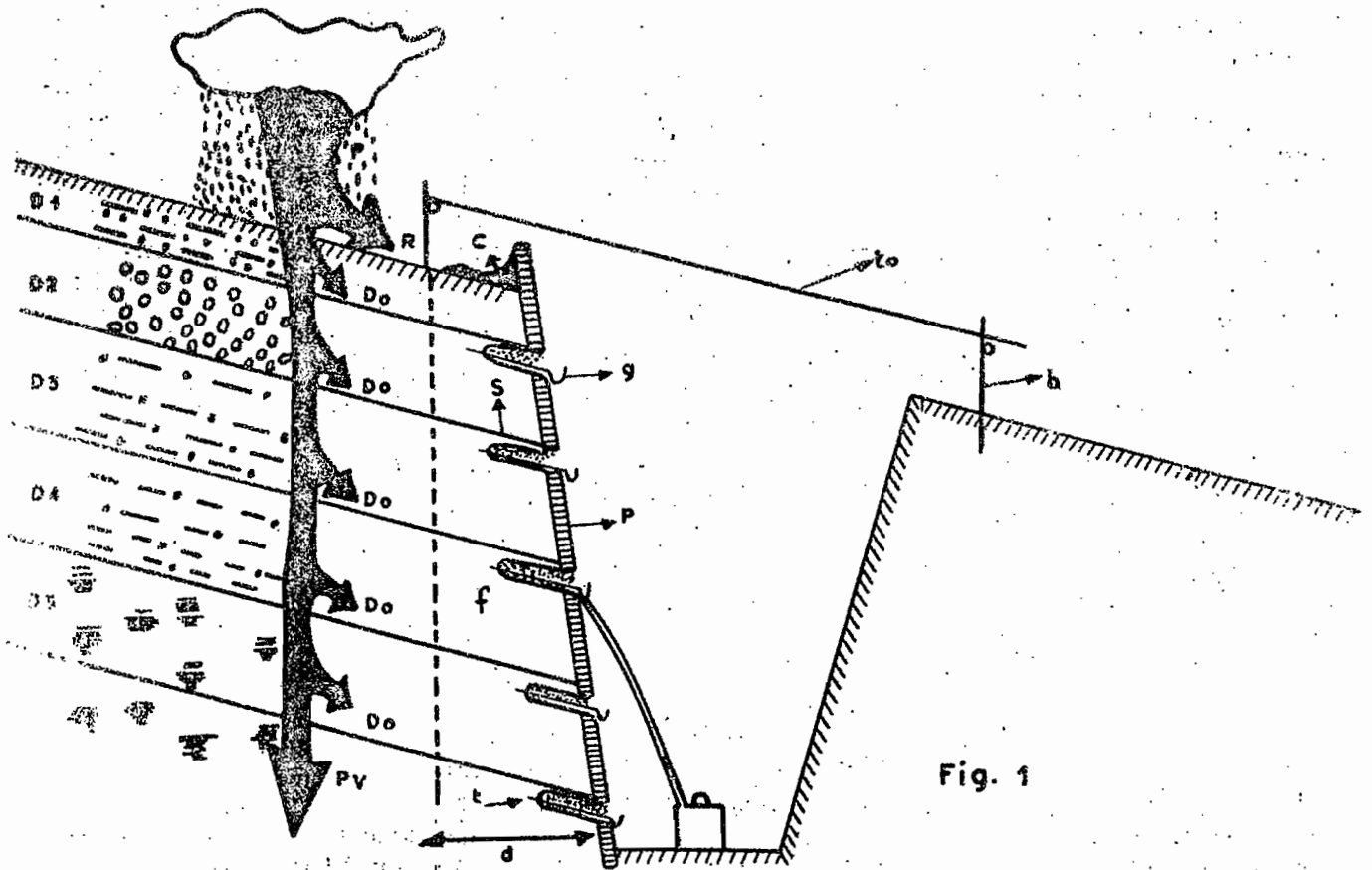


Fig. 1

Schéma des mouvements de l'eau de gravité et d'une case de lessivage oblique
 p = pluie, R = ruissellement, DV = drainage vertical, Do = drainage oblique
 D 1,2,3,4,5 = horizons pédologiques c = canal du ruissellement, g = gouttière
 t = tôle, f = fente, s = sable lavé, d = tranche de sol protégée par le canal c
 et le toit t°, b = bâti qui soutient le toit, p = planche.

sous forme solide et pseudosoluble (colloïdes très fins). Les teneurs quatre à dix fois plus élevées en silice qu'en fer et alumine sont typiques de la pédogenèse des sols ferrallitiques et ferrugineux. Les faibles teneurs en fer (et alumine) soluble posent des problèmes quant à l'interprétation des nombreuses accumulations de fer dans le paysage : le cuirassement se développe depuis les zones de forêt humide où il est relativement rare et ancien jusqu'aux savanes sahélo-soudanaises. S'agit-il du résidu de l'altération (accumulation relative), d'accumulation par lessivage sous forme soluble (peu probable en milieu bien oxygéné comme les sols ferrallitiques) ou pseudosoluble (fer lié aux colloïdes organiques ou minéraux) ou encore faut-il faire intervenir des phénomènes d'hydromorphie ou d'inversion du relief (migration du fer sous forme réduite) ?

A Anguédédou sur les sables tertiaires de basse Côte d'Ivoire (ROOSE et coll.; 1970) nous avons calculé les moyennes pondérées des charges pseudo-solubles transportées pendant 4 ans par les eaux de drainage oblique à chaque niveau (moyennes de 50 échantillons représentant 725 litres).

On trouve 650 mg/litre pour les eaux de ruissellement, 246 mg/litre pour les eaux de drainage oblique circulant entre 0 et 30 cm, 105 mg/litre entre 60 et 90 cm et 71 mg/litre entre 90 et 150 cm. Dans une source voisine (située 25 mètres plus bas) la charge pseudo-soluble des eaux est quasi nulle (2 à 10 mg/litre). On constate donc qu'il n'y a pas d'arrachement dans l'horizon A (0 à 30 cm) mais bien une mise en suspension par les pluies au niveau de la surface du sol et un dépôt irrégulier continu depuis le sommet du profil jusqu'à la nappe phréatique située à plus de vingt mètres de profondeur.

L'observation des colloïdes recueillis à différentes profondeurs des huit stations de mesure montre que ces derniers reflètent bien la composition colloïdale des horizons superficiels du sol.

La succession habituelle s'établit comme suit :

- dans les horizons superficiels (0-30 cm) colloïdes gris foncé, brun gris, brun jaune évoluant vers le jaune plus clair en fin de saison et plus ou moins teinté de rouge dans les sols gravillonnaire de Divo et Korhogo.
- dans les horizons intermédiaires (30-60 et 60-90 cm); colloïdes brun jaune, jaune, blanc crème.
- dans les horizons profonds (150 et 200 cm = argiles tachetées ou bariolées) : colloïdes jaune brun, jaune crème à blanc plus ou moins rosé sur sols gravillonnaires.

La présence de matières organiques est très nette en surface et semble liée à des colloïdes de taille plus importante et qui flocculent plus rapidement (Note 3). En effet lorsqu'on fait flocculer un échantillon de surface (ruissellement et horizon 0-30 cm) on peut distinguer une succession de dépôts de couches de couleurs de plus en plus claires à mesure qu'on prolonge le temps de sédimentation. Au point de vue couleur et temps nécessaire pour la sédimentation, ces derniers dépôts clairs ressemblent à s'y méprendre à ceux que l'on observe dans les échantillons recueillis en profondeur.

Note 3 - Flocculation à l'aide de 1 cm³ d'une solution à 5 % de sulfate d'alumine après avoir écarté les impuretés par filtration sur coton ou sur filtre rapide.

Nous attendons des résultats précis d'analyse (rayons X) pour confirmer que les colloïdes qui migrent ont bien la même composition que les horizons superficiels des sols étudiés et pas forcément celle de l'horizon où ils migrent.

Ceci nous semble cependant extrêmement probable depuis que nous avons pu observer l'avancement d'un front de migration des colloïdes humifères jusqu'à deux mètres de profondeur vers la fin de la saison des pluies tant à Bouaké qu'à Azaguié (les colloïdes recueillis en profondeur ont des couleurs sombres semblables à celles des échantillons de surface).

3.3. Le lessivage vertical

L'observation des phénomènes hydriques dans le sol et le calcul des premiers bilans hydriques nous a amené à constater que l'importance du drainage vertical est fondamentale en région tropicale humide (précipitations supérieures à 1400 mm) mais s'amenuise à mesure que les précipitations diminuent puis s'annule dans les régions où les précipitations annuelles sont inférieures à 700 mm (voir figure).

Le problème consiste à trouver une méthode permettant de recueillir des échantillons d'eau dans les conditions les plus naturelles possible, sans modifier la vitesse d'écoulement ni les surfaces de contact sol/eau ni les conditions physico-chimiques qui peuvent entraîner une floculation artificielle. La méthode des cases lysimétriques à sol reconstitué ne pouvait donc convenir.

Après deux années d'expérimentation sous pluie naturelle et sous irrigation de diverses méthodes, nous avons étendu en 1970 et 1971 à tout notre réseau la méthode des cases de drainage vertical (ROOSE et des TUREAUX, 1970) qui consiste à isoler un gros monolithe de sol (à part les 30 premiers centimètres où se développent le plus grand nombre de racines = évapotranspiration).

Les premiers résultats sont encourageants tant sous l'aspect bilan hydrique que bilan chimique et colloïdal. Ils ont cependant mis en évidence deux difficultés :

1 Obtenir, dans la case de drainage, une évapotranspiration semblable (surface = $1/3$ m²) à celle du milieu naturel (difficulté plus importante sous forêt que sous savane).

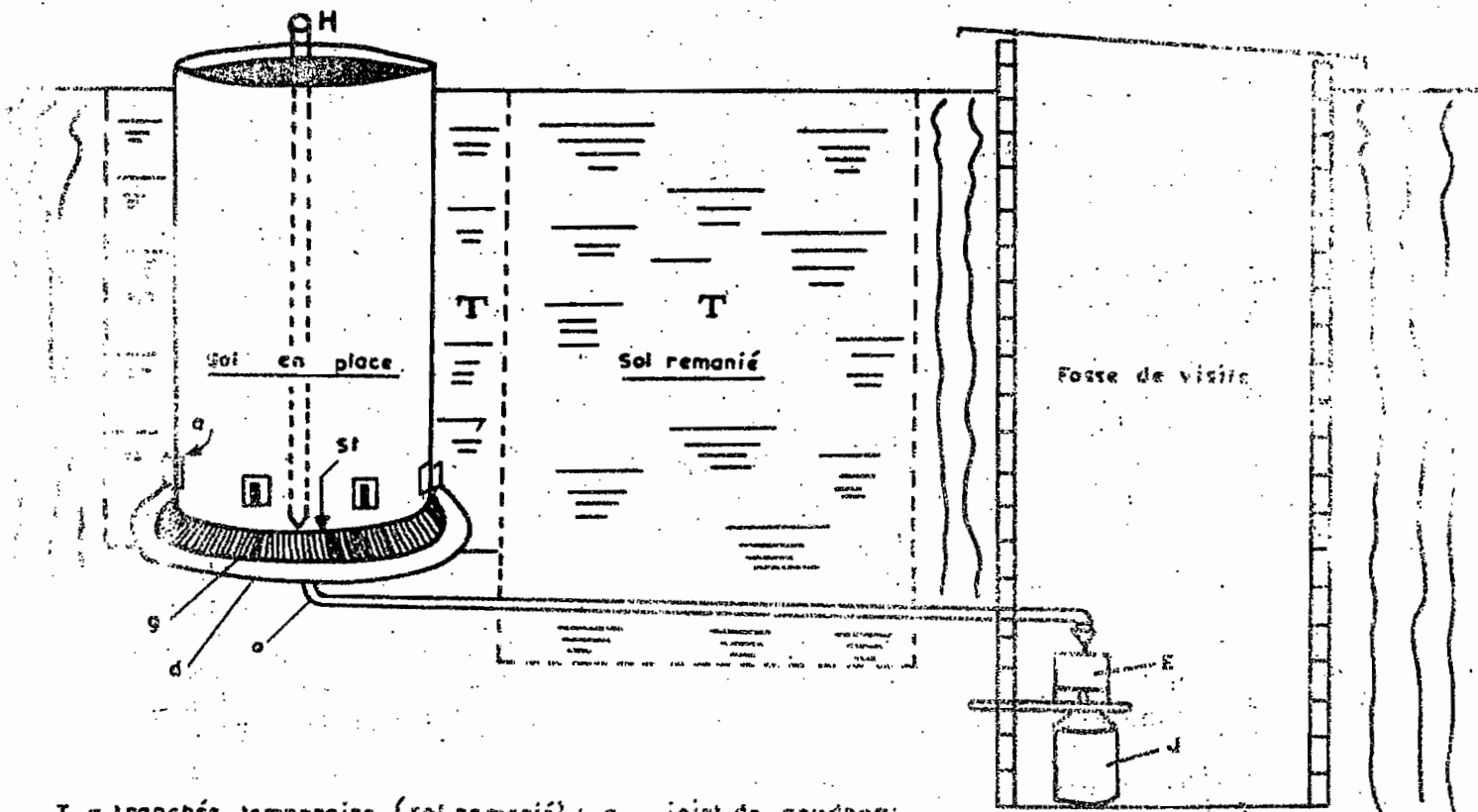
2 En isolant un élément limité d'un sol, milieu hétérogène, on personnalise chaque dispositif expérimental (ce qui n'est pas le cas pour une case de lessivage oblique qui intègre les hétérogénéités d'une surface 600 fois plus grande). On est donc amené à multiplier les répétitions d'autant plus que l'échantillon est petit.

Cependant à part quelques cas aberrants, les premiers résultats se tiennent bien et reflètent correctement l'évolution de l'état hydrique du milieu.

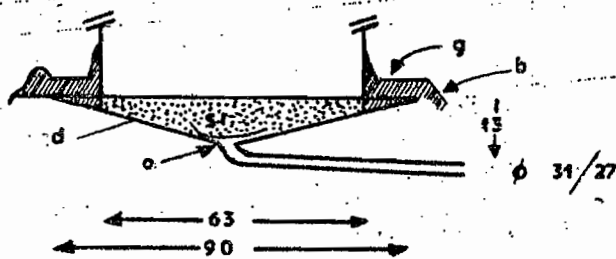
CHAPITRE 4 - DISCUSSION DES RESULTATS

4.1. Le schéma classique du lessivage ne nous satisfait plus et ne s'applique pas aux types de sols que nous avons étudiés en région tropicale.

Fig. 2 SCHEMA D'UN LYSIMETRE MONOLITIQUE CYLINDRIQUE



T = tranchée temporaire (sol remanié); g joint de goudron;
 d = drain en entonnoir; st = sable et toile en nylon protégeant l'orifice de drainage "O";
 E = enregistreur à godets; J = jerrycon 60 litres; H = tube d'accès pour sonde à neutrons et à rayons gamma; a aileron; b bouchonnet en argile pour couler de goudron



S'il existait vraiment un lessivage des horizons A et un dépôt des colloïdes dans les horizons d'accumulation B, nos mesures de charges colloïdales auraient dû montrer une augmentation de charge dans les horizons A et une perte dans les horizons B. Or nous avons vu au § 3.2. que les dépôts se font dès la surface du sol.

Suite à nos observations nous pensons pouvoir schématiser les phénomènes de lessivage des colloïdes de la façon suivante :

1 La pluie dissipe son énergie cinétique en écrasant le sol (tassement) en disloquant les agrégats et en mettant les particules fines en suspension plus ou moins stable.

2 Une partie de ces eaux chargées ruisselle et provoque l'érosion. L'autre partie s'infiltré et comme la vitesse d'écoulement est faible (relativement au ruissellement) et diminue en profondeur on observe des migrations de particules dont la quantité et la taille diminuent en profondeur.

3 Les agents d'homogénéisation (termites, vers de terre, etc...) assurent la pénétration en profondeur de l'appauvrissement en particules fines.

4 Comme il n'existe pas dans les sols tropicaux étudiés d'horizon localisé où s'opèrent des changements brutaux des propriétés physico-chimiques capables de faire flocculer toute la charge colloïdale sur de courtes distances, les colloïdes peuvent flocculer de façon diffuse jusqu'à grande profondeur et même s'échapper par la nappe phréatique (les eaux de nappe sont souvent opalescentes et chargées d'argile). Alors que en région tempérée, les colloïdes flocculent souvent dans un horizon où le pH augmente brutalement (présence de calcaire), en région tropicale les dépôts s'opèrent souvent par arrêt du front de pénétration de l'eau : ces colloïdes sont en transit et peuvent reprendre leur migration sitôt les conditions favorables rencontrées.

5 Certaines conditions physico-chimiques ou biologiques peuvent cependant favoriser localement la migration (forte acidité et matières organiques solubles) ou le dépôt (dans les horizons tachetés riches en fer libre, les colloïdes en migration sont généralement blancs).

4.2. Suite à l'ensemble des bilans hydriques et autres mesures réalisés entre Abidjan et Ouagadougou nous pensons pouvoir schématiser l'évolution actuelle des sols étudiés sous végétation naturelle de la façon suivante :

1 En zone ferrallitique, dominance des phénomènes de lixiviation des bases et du lessivage des colloïdes jusqu'à la nappe avec ou sans accumulation diffuse tout au long du profil. L'érosion n'intervient de façon significative que lorsque la couverture végétale est dégradée mais elle peut prendre alors des allures catastrophiques étant données les pentes et les précipitations très élevées.

2 Dans le domaine des sols ferrugineux le drainage est très limité du fait des précipitations moindres et surtout de la faible perméabilité du sol dès la surface. L'appauvrissement en colloïdes des horizons superficiels provient du lessivage à courte distance par les eaux sous tension (AUDRY; 1967) mais surtout à notre avis d'une érosion extrêmement sélective à cause de la faiblesse des pentes (généralement moins de 1 %).

3 Nous n'avons pas rencontré de circonstances naturelles favorables à un lessivage oblique important sous les deux sous classes de sols.

4.3. Au cours de nos recherches nous est apparue l'importance de l'étude simultanée de tous les facteurs agissant sur la pédogenèse actuelle y compris les remontées biologiques par les plantes et surtout par les agents d'homogénéisation du sol.

Nos connaissances en ce domaine sont extrêmement limitées et il nous semble urgent d'attaquer le problème de l'influence des agents biologiques moins sous l'angle du systématicien que du point de vue du pédologue désireux de mieux connaître l'origine des sols et leur évolution actuelle.

CHAPITRE 5 - CONCLUSIONS

Au cours d'une réunion du groupe de travail sur l'évolution actuelle des sols (Tchad, avril 1971) il est apparu d'une part la convergence des opinions sur l'insuffisance et les limites des méthodes d'étude de la physique des sols et d'autre part la nécessité de passer par un bilan de l'eau pour résoudre les problèmes de pédogenèse actuelle.

Nous pensons qu'un gros effort de méthodologie reste encore à faire. Cependant, malgré les limites des méthodes actuelles il nous semble utile de souligner l'apport des méthodes existantes et l'intérêt qu'il y aurait à les étendre à des chaînes de sol complètes, bien choisies et en particulier aux paysages propres aux sols planiques. L'observation au champ des régimes hydriques et l'étude des bilans complets nous semblent une voie exigeante mais logique pour aboutir à la connaissance de l'évolution actuelle des sols dont nous n'avons bien souvent eu jusqu'ici que des approches morphologiques.

EVOLUTION DES TERMES DU BILAN HYDRIQUE EN FONCTION DU CLIMAT.

Précipitation : Ruiss + Drain + ETR + var. stock

mm.

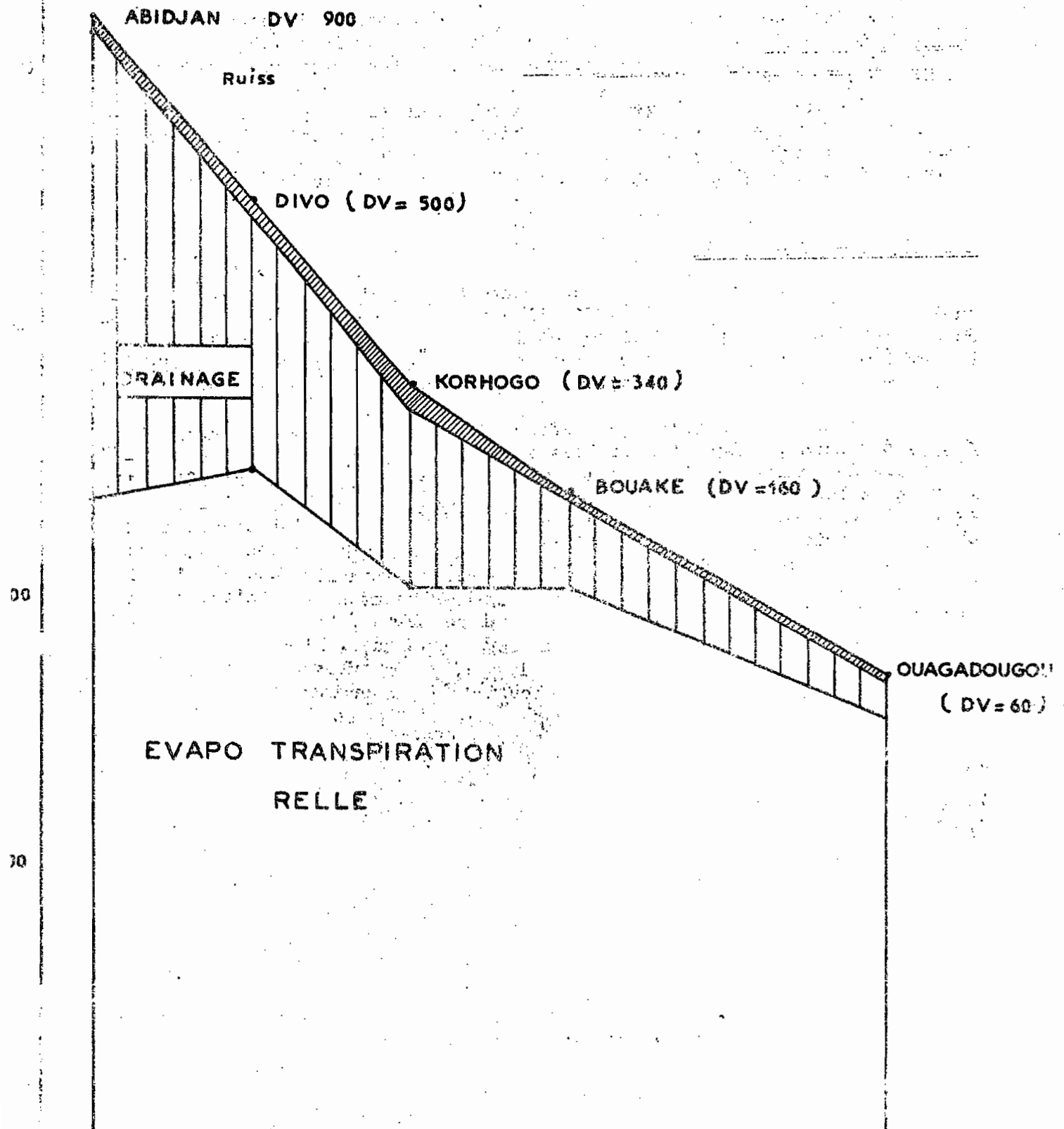
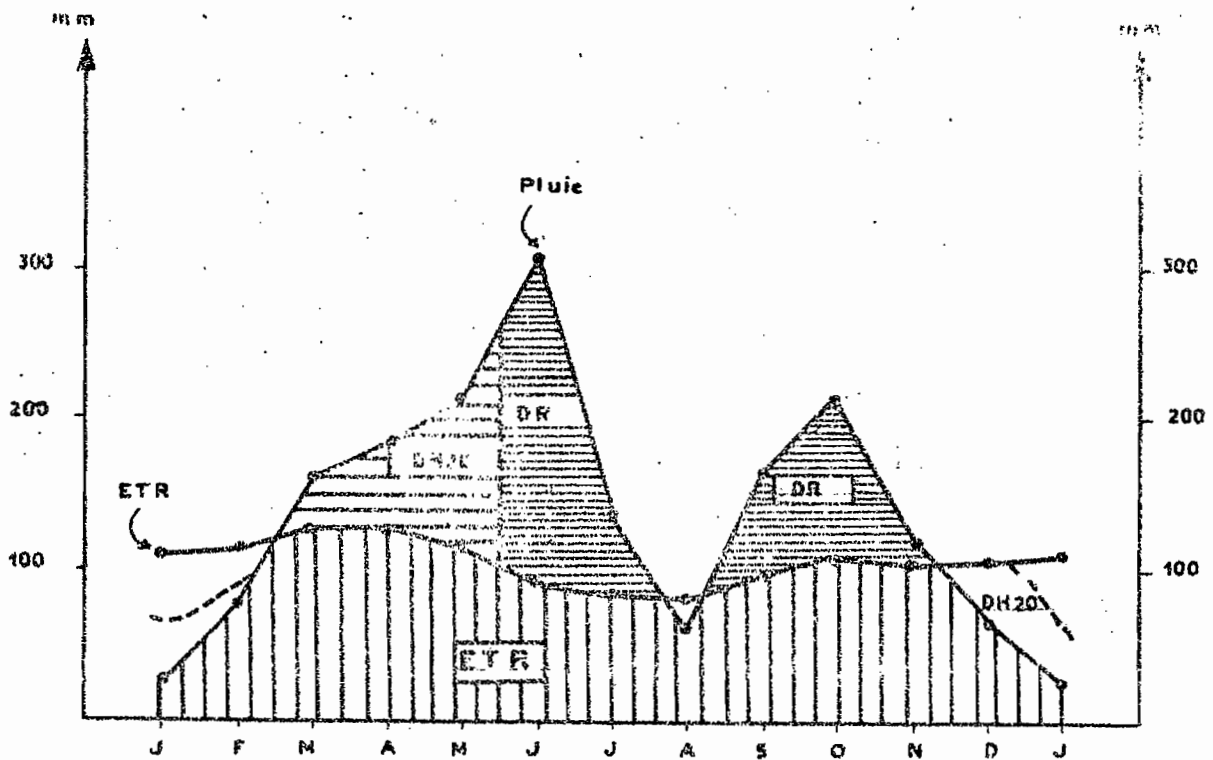


Fig. 3

ESSAI DE SCHEMA DE BILAN HYDRIQUE

$$P = \text{Ruiss.} + Dv + o + \text{ETR} \pm \text{var. stock.}$$

— REGION DE DIVO —









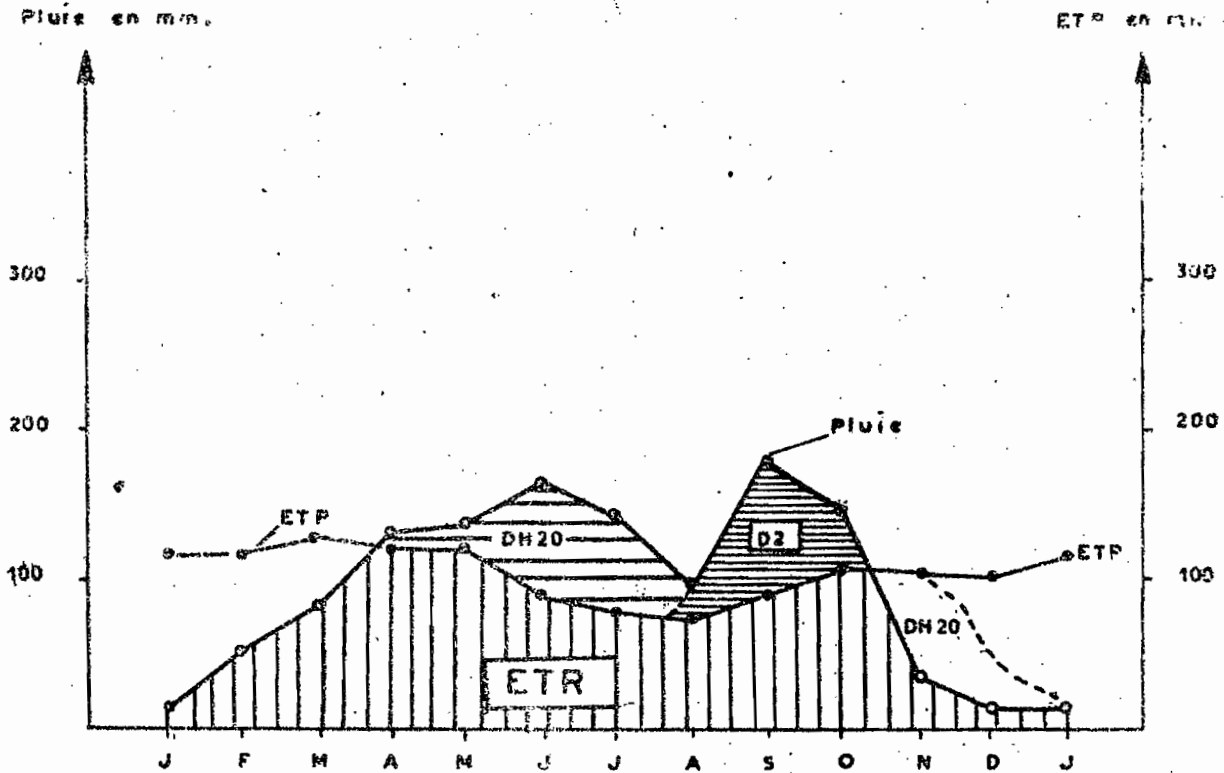
-  ETR
-  PRECIPITATIONS MENSUELLES MOYENNES A DIVO
-  ETR ESTIME
-  DRAINAGE ESTIME
-  Rectificatif en fonction des variations du stock d'eau du sol
-  DH20 : variation du stock d'eau du sol

Fig. 6 ESSAI DE SCHEMA DE BILAN HYDRIQUE

$$P \approx \text{Ruiss.} + \text{DV} + \text{o} + \text{ETR} + \text{D stock.}$$

REGION DE BOUAKE

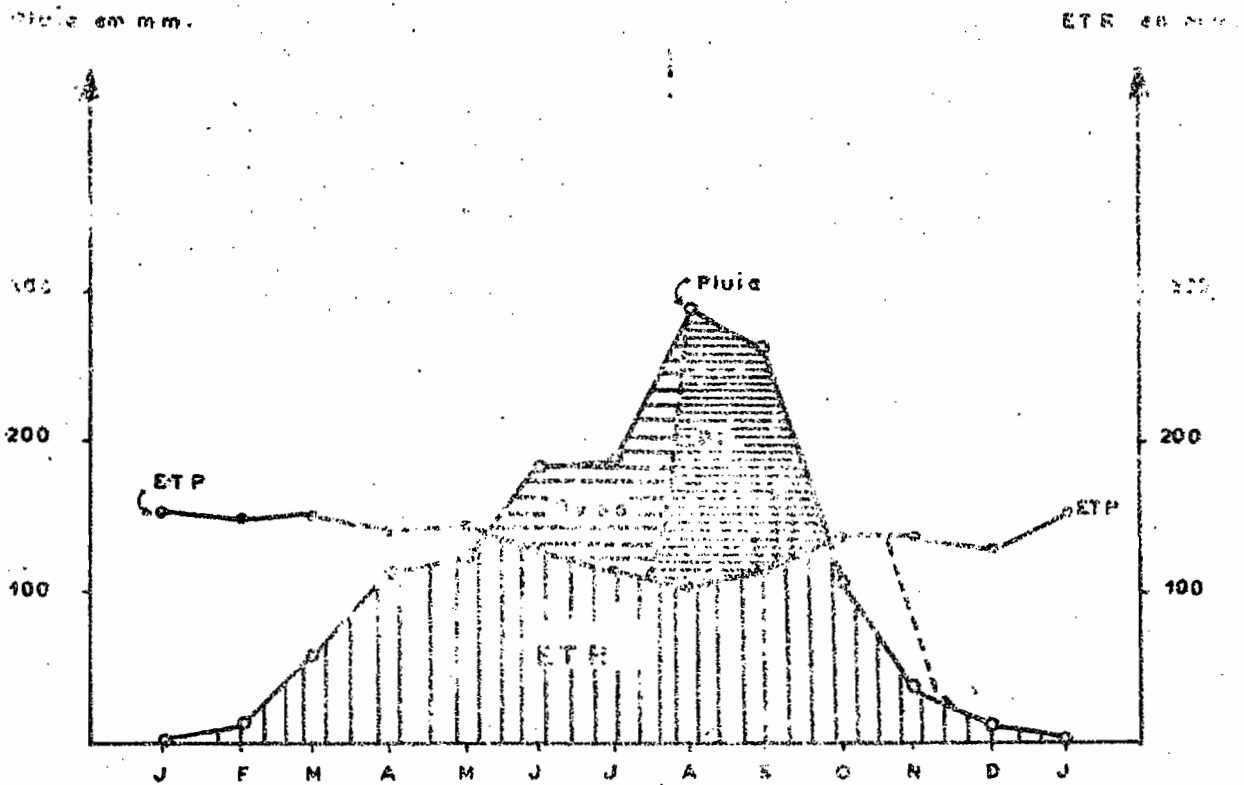


- ETP "TURC" : moyenne 48 1970 pour "BOUAKE AERO"
- PLUIE mensuelle moyenne à Bouaké (1946 - 1970 - ELDIN d'après ASECA)
- ▨ ETR ESTIME.
- ▨ DRAINAGE ESTIME.
- - - RECTIFICATIF en fonction des variations du stock d'eau du sol.
- ▨ DH20 variation du stock d'eau du sol.

Fig. 7. ESSAI DE SCHEMA DE BILAN HYDRIQUE

$$P = R_{\text{uiss.}} + D_{v+0} + ETR \pm D \text{ stock}$$

REGION DE KORHOGO

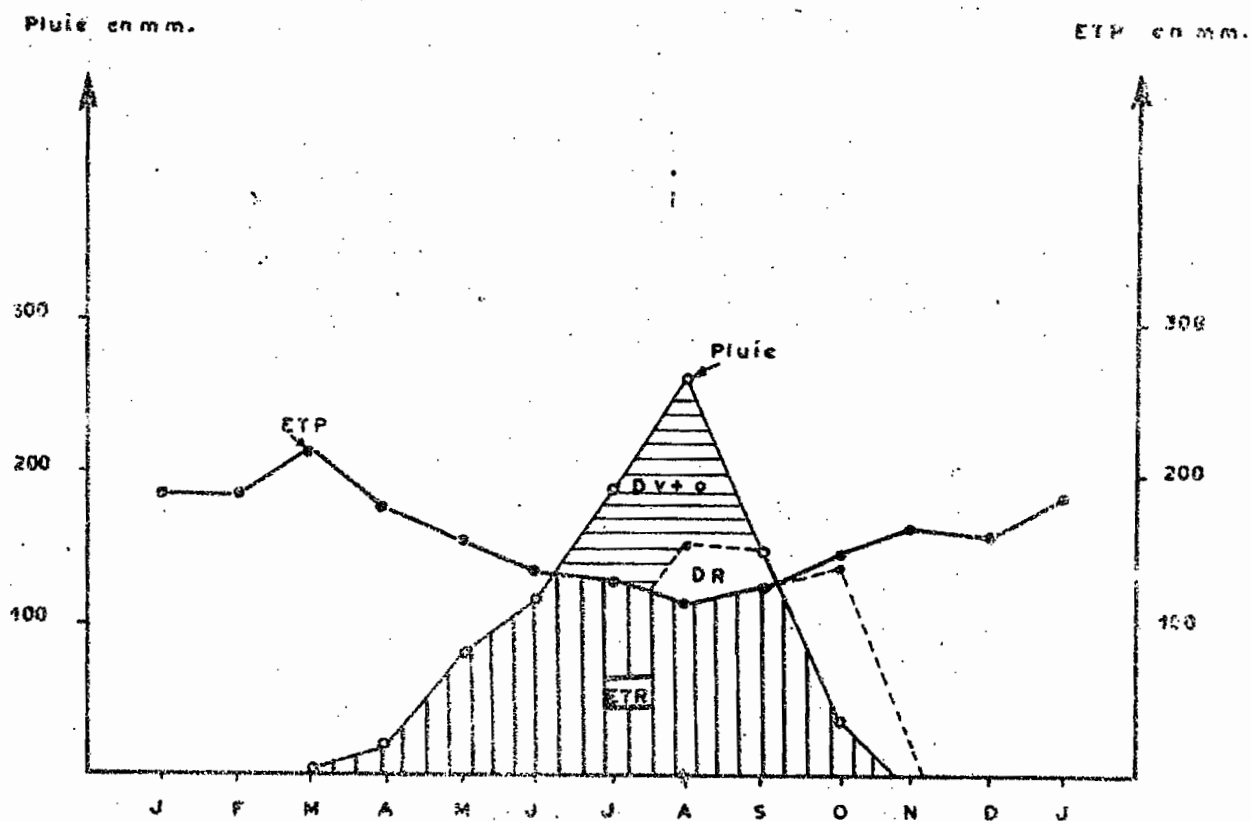


- ETP "TURC" moyenne 1953 à 1970 pour FERKESSEDOUGOU.
- Pluie mensuelle moyenne 1953 à 1970 (ELDIN d'après ASEANA).
- ▤ ETR ESTIME
- ▨ DRAINAGE ESTIME
- - - Rectificatif en fonction des variations du stock d'eau du sol

Fig. 8 : ESSAI SCHEMATIQUE DE BILAN HYDRIQUE

$$P = R + Dv + o + ETR + D \text{ stock}$$

REGION DE OUAGADOUGOU



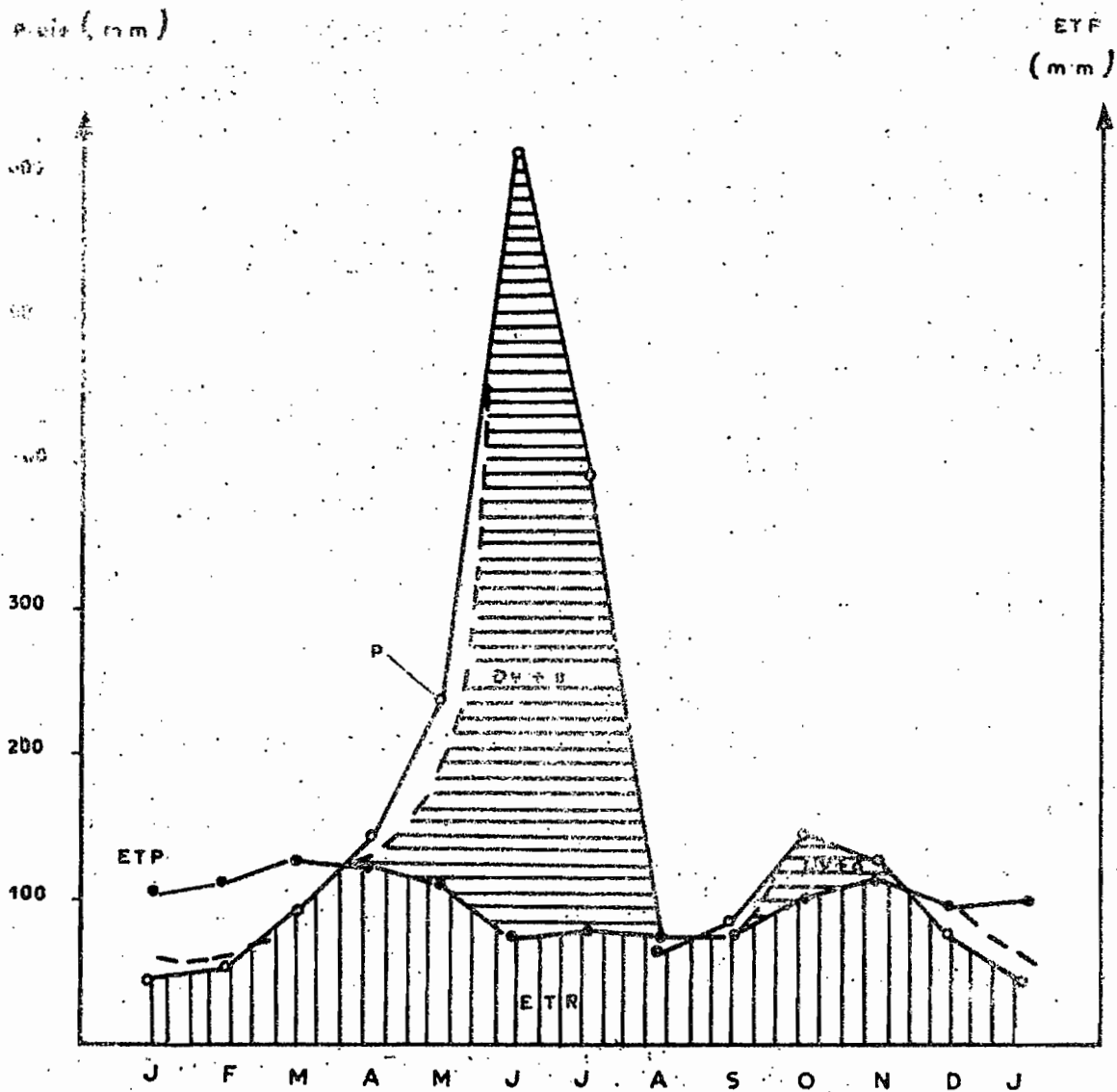
- ETP "TURC" : moyenne 1953 - 1969 pour OUAGADOUGOU "agro"
- Pluie mensuelle moyenne à OUAGADOUGOU (Normale ASECNA en 1965).
- ▨ ETR estimé
- ▨ Drainage estimé
- - - Rectificatif en fonction des variations du stock d'eau du sol

Fig. 14

ESSAI SCHEMATIQUE DE BILAN HYDRIQUE

$$P = R + Dv + o + ETR \pm DH_{20}$$

ANGUEDÉDOU



ETP "TURC" calculé à ADIOPODOUMÉ (ELDIN)
 Pluie mesurée à ANGUÉDEDOU (IFAC) 1959/69
 ETR estimé
 Drainage estimé.
 Rectification en fonction du stock d'eau du sol.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- AUDRY (P.), 1967. - Observations sur le régime hydrique comparé d'un sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sous savane et sous culture (arachide et pénicillaire). Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tananarive. II, pp. 1591-1614, 10 fig., 16 réf.
- BIROT (Y.), GALABRET (J.), ROOSE (E.J.), ARRIVETS (J.), 1968. - Deuxième campagne d'observations sur la station de mesure de l'érosion de Gampela (1968). Rapp. multigr. C.T.F.T. 40 p., 26 fig., 27 tabl.
- CHARREAU (G.), FAUCK (R.), 1970. - Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de Séfa. Agron. Trop., 25, 2, pp. 151-191, 21 tabl., 39 réf.
- DANCETTE (C.), 1970. - Détermination au champ de la capacité de rétention après irrigation dans un sol sableux du Sénégal. Intérêt agronomique de cette mesure et application à une culture d'arachide. Agron. Trop., 25, 3, pp. 225-240, 9 fig., 5 tabl. 3 réf.
- D'HOORE (J.), 1970. - Induced migration of clay and other moderately mobile soil constituents
I. General introduction
II. Natural clay fractionation. Pédologie, 20, 1, pp. 51-61, 1 fig., 1 tabl.
- FAUCK (R.), MOUREAUX (Cl.), THOMANN (Ch.), 1969. - Bilans de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue. Agron. Trop., 24, 3, pp. 263-301, 40 réf.
- FEODOROFF (A.), 1962. - Ressuyage du sol et capacité de rétention pour l'eau. Ann. Agron., 13, 6, pp. 523-547, 25 fig., 6 tabl., bibl. (9 réf).
- FEODOROFF (A.), 1965. - Etude expérimentale de l'infiltration de l'eau non saturante. Cas d'un sol initialement sec et d'un arrosage sans formation de plan d'eau en surface. Ann. Agro., 16, 2, pp. 127-175 et 15, 3, pp. 231-263, 33 fig., II tabl., bibl. (38 réf).
- FOURNIER (F.), 1954. - La parcelle expérimentale. Méthode d'étude expérimentale de la conservation du sol, de l'érosion et du ruissellement. In Rapport de la mission O.E.C.E. "Etude des sols" aux Etats-Unis, ORSTOM, Bondy.

- GODEFROY (J.), MULLER (M.), ROOSE (E.), 1970. - Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire. Fruits, 25, 6, pp. 403-423, 5 fig., 13 tabl. 11 réf.
- MARCESSE (J.), 1967. - Détermination in situ de la capacité de rétention d'un sol au moyen de l'humidimètre à neutrons. In "Isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation studies. International Atomic Energy, Agency Vienna.
- POURRUM (P.), 1968. - Utilisation pratique de l'humidimètre à neutrons pour les mesures hydrologiques. Premiers résultats obtenus sur le bassin versant représentatif de la Tafaina (République Malgache) - Campagne 1966-1967. Can. ORSTOM sér. Hydrol., V, 2, pp. 15-31.
- ROOSE (E.J.), 1965. - Dix années de mesures de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. Station IRAT de Séfa- Moyenne Casamance. Rapport de mission du 12-7- au 3-9-1964. Rapp. multigr., ORSTOM Adiopodoumé, 63 pp. 22 tabl., 28 réf.
- ROOSE (E.J.), 1965. - Etude de la méthode des bandes d'arrêt pour la conservation des sols. I. Protocole et premiers résultats. Rapp. multigr., ORSTOM Adiopodoumé, 12 p., 6 tabl.
- ROOSE (E.J.), 1965. - Etude de la méthode des bandes d'arrêt pour la conservation de l'eau et des sols. II. Résultats des cases d'érosion d'Adiopodoumé en 1965. Rapp. multigr. ORSTOM Adiopodoumé, 23 p., 7 tabl.
- ROOSE (E.J.), 1967. - Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. Agron. Trop., 22, 2, pp. 123-152, 6 fig., 21 tabl. 28 réf.
- ROOSE (E.J.), et GODEFROY (J.), 1967. - Erosion, ruissellement et drainage oblique sous une bananeraie de basse Côte d'Ivoire. I. Milieu, dispositif et résultats en 1965. Rapp. multigr., ORSTOM Adiopodoumé, 72 p., 6 fig., 14 tabl., 86 réf.
- ROOSE (E.J.), 1967. - Erosion, ruissellement et lessivage oblique sous une plantation d'hévéa de basse Côte d'Ivoire : I. Milieu, dispositif et résultats en 1965. Rapp. multigr., ORSTOM, IRCA, Abidjan, 46 p., 5 fig., 7 tabl., 36 réf.

- ROOSE (E.J.), 1967. - Note technique : "L'aménagement des ravines en Côte d'Ivoire".
Rapp. multigr., ORSTOM Abidjan, 7 p., 1 fig., 7 réf.
- ROOSE (E.J.), 1967. - Contribution à l'étude de la méthode des bandes d'arrêt pour la conservation des sols.
Etudes expérimentales et observations sur le terrain.
Rapp. multigr., ORSTOM Abidjan, 19 p., 7 réf.
- ROOSE (E.J.) GODEFROY (J.), 1967. - Lessivage des éléments fertilisants en bananeraie.
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive. pp. 1405-1409, 1 tabl., 2 réf.
- ROOSE (E.J.), 1967. - Quelques exemples des effets de l'érosion sur les cultures.
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive. II p. 1385-1404, 3 tabl., 14 photos, 21 réf.
- ROOSE (E.J.), 1968. - Erosion en nappé et lessivage oblique dans quelques sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire.
6è Conf. Biennale de la WASA/ASOA, Abidjan 15 p., 3 tabl., 11 réf.
- ROOSE (E.J.), 1968. - Mesure de l'érodibilité d'un sol (facteur K) sur la parcelle de référence de WISCHMEIER.
Deuxième projet de protocole standard et sa discussion.
Note multigr., ORSTOM Abidjan, 4 + 6 p.
- ROOSE (E.J.), 1968. - Un dispositif de mesure du lessivage oblique dans les sols en place.
Cah. ORSTOM sér. Pédol., VI, 2, 1968, p. 235-249, 2 fig., 2 tabl., 21 réf.
- ROOSE (E.J.) et JADIN (P.), 1969. - Erosion, ruissellement et drainage oblique sur un sol à cacao en moyenne Côte d'Ivoire : station IFCC près de Divo.
I. Milieu, dispositif et résultats des campagnes 1967-68.
Rapp. multigr. ORSTOM-IFCC, Abidjan, 77 p., 15 fig. 23 tabl., 154 réf.
- ROOSE (E.J.) et coll.
DELABARRE, COMBES, HENRY des TUREAUX, DIALLO. - Erosion, ruissellement et lessivage oblique sous une plantation d'hévéa en basse Côte d'Ivoire.
III. Résultats des campagnes 1967-1968-1969.
Rapp. multigr. ORSTOM-IRCA, Abidjan, 115 p., 12 fig., 45 tabl., 30 réf.

- ROOSE (E.J.), BIROT (Y.), 1970. - Mesure de l'érosion, et du lessivage oblique et vertical sous une savane arborée du plateau mossi (Gonsé : Haute-Volta). I. Résultats des campagnes 1968-1969. Rapp. multigr. ORSTOM (Abidjan) - CTFT (Ouagadougou) 148 p., 25 fig., 36 tabl., 72 réf.
- ROOSE (E.J.), 1970. - Les termes du bilan hydrique à l'échelle du sol : ruissellement, érosion, drainage et migrations. Rapp. multigr., ORSTOM, Comité Technique de Côte d'Ivoire (nov. 1970) pp. 30 à 43, 8 fig.
- ROOSE (E.J.), 1970. - Importance relative de l'érosion, du drainage oblique et vertical dans la pédogenèse actuelle d'un sol ferrallitique de moyenne Côte d'Ivoire. Deux années de mesure sur parcelle expérimentale. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VIII, 4, pp. 469 - 482., 6 fig. 3 tabl., 12 réf.
- ROOSE (E.J.), HENRY des TUREAUX (P.), 1970 - Deux méthodes de mesure du drainage vertical dans les sols en place. Agron. Trop., 25, 12, pp. 1079-1087, 7 fig., 13 réf.
- ROOSE (E.J.), 1971. - Note concernant l'érosion hydrique au Maroc. Rapport de mission, ORSTOM, 7 p. A paraître dans le Bulletin de Liaison des Ingénieurs Forestiers du Maroc.
- ROOSE (E.J.), HENRY des TUREAUX (P.), 1971. - Etude de l'érosion et du ruissellement sur les sables tertiaires de basse Côte d'Ivoire. Campagne 1970 sur les parcelles d'érosion d'Adiopodoumé. Rapp. multigr., ORSTOM Abidjan, 91 p., 12 fig., 23 tabl. 50 réf.

ANNEXE 2

- Répartition des dispositifs de mesure de l'érosion, du ruissellement, du drainage oblique et vertical mis en place depuis 1964.

- 2 cases ERLO sous forêt secondaire pente 50 % et 12 % (1965)
 - 9 cases d'érosion, sol nu et plantes fourragères, pente 4,5-7-28 % (1954)
 - 47 cases DV sous différentes couvertures (1969)
 - pluie 2100 mm, sol ferrallitique appauvri sur sables tertiaires.
 - 1 case ERLO, hévéa en courbe niveau, pente 29 % (1966)
1. Adiopodoumé
- collaboration IRCA
 - pluie 2100 mm, sol ferrallitique appauvri sur sables tertiaires.
2. Anguédédou
- 2 cases ERLO { 1 sous forêt; p = 14 % remontées biologiques par les vers de terre; (1967)
 - { 1 sous bananeraie irriguée fumée, p = 14 % (1966)
 - 8 cases DV (1971)
 - collaboration IFAO
 - pluie 1800 + 250 irrigations; sol ferrallitique très désaturé sur schistes chloriteux.
3. Azaguié
- 1 case ERLO 4 ans forêt, 4 ans cacao, pente 9 % (1968)
 - 8 cases DV (1971)
 - collaboration IFCC
 - pluie 1750 mm; sol ferrallitique moyennement désaturé sur granite baoulé.
4. Divo
- 1 case ERLO, savane arborée, pente = 4 % (1967)
 - 4 cases DV (1970)
 - collaboration IRAT
 - pluie 1200 mm; sol ferrallitique rajeuni granites + bancs pegmatite.
5. Bouaké
- 1 case ERLO, savane arbustive, pente 4 % (1967)
 - 4 cases DV (1970)
 - collaboration hydrologique ORSTOM
 - pluie 1400 mm; sol ferrallitique moyennement désaturé granite baoulé.
6. Korgho

- 2 cases ERLO (1971) {
 - 1 jachère 1 an, p= 0,4 % ferrugineux carapace à 50cm
 - 1 jachère 30 ans p= 1 % ferrugineux gravillonnaire
- 11 cases DV (1971)
- 7 Seria
 - 2 cases érosion (1971) {
 - nue, référence Wischmeier p= 0,4 %
 - cultivée p= 0,4 %
 - collaboration IRAT
 - pluie 850 mm; sols ferrugineux peu profonds sur carapace sur granite baoulé.
- 1 case ERLO, savane arborée, forêt classée non brûlée depuis 1968; pente 0,5 % - (1968)
- 8 Gonsé
 - 3 cases DU; essais remontée biologique par les termites (1970)
 - collaboration CTFT
 - pluie 850 mm; sol ferrugineux sur carapace profonde sur granite baoulé.

En collaboration temporaire

- 1 Bouaké
 - 3 cases érosion pente 4 %; sol nu, riz, maïs, arachide
 - collaboration IRAT; 1968 - 1970.
- 2 Man
 - 1 case érosion sol nu pente 8 %
 - collaboration IRAT; 1968-1970
- 3 Ferkés-sédougou
 - 1 case érosion sol nu pente 9 %
 - collaboration IRAT; 1968-1970
- 4 Gampela (près Ouagadougou).
 - 4 parcelles d'érosion, sol nu plus cultures
 - collaboration CTFT; 1968-1970

COMITÉ TECHNIQUE DE PÉDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON
DU THEME A

Juin 1972

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE BRAZZAVILLE



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

COMITE TECHNIQUE DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON
DU THEME A

NUMERO 1.

JUIN 1972.